

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 534

Effect van verdunde praktijkvoeders op de kwaliteit van het verenkleed, gedrag en dierprestaties bij opfok- en leghennen

Januari 2012



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR



Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2011

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt
geen aansprakelijkheid voor eventuele schade
voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van
dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central
Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting
Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen
met het Departement Dierwetenschappen van
Wageningen University de Animal Sciences Group
van Wageningen UR (University & Research
centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Feeding diluted rearing and layer diets, by
applying common dilution sources, resulted in
increased feeding related behaviour of both
rearing and laying hens. These changes in time
budgets could contribute to reduced levels of
feather pecking behaviour and feather damage
in rearing and laying hens.

Keywords

Dietary dilution, feather pecking, laying hen,
rearing hen, performance

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

M.M. van Krimpen
G.P. Binnendijk
J.Th.M. van Diepen

Titel

Effect van verdunde praktijkvoerders op de
kwaliteit van het verenkleed, gedrag en
dierprestaties bij opfok- en leghennen

Rapport 534

Samenvatting

Het verstrekken van verdund opfok- en legvoer,
door het toepassen van gangbare verdunnings-
bronnen, resulteerde in een toename van het
voegerichte gedrag van zowel opfok- als
legghennen. Deze veranderingen in gedrags-
patroon zijn perspectiefvol vanwege hun
bijdrage aan het verminderen van verenpik-
gedrag en veerschade bij opfok- en leghennen.

Trefwoorden

Leghennen, opfokhennen, dierprestaties,
verenpikken, voerverdunning

Rapport 534

Effect van verdunde praktijkvoeders op de kwaliteit van het verenkleed, gedrag en dierprestaties bij opfok- en leghennen

M.M. van Krimpen
G.P. Binnendijk
J.Th.M. van Diepen

Januari 2012



PRODUCTSCHAP DIERVOEDER

Dit onderzoek is uitgevoerd met subsidie van het Productschap Pluimvee en Eieren (PPE) en van het Productschap Diervoeder.

Samenvatting

Een experiment is uitgevoerd om de (carry-over) effecten vast te stellen van het verstrekken van praktijkgerichte verdunde voeders (0%, 7,5% en 15%), tijdens de opfok- en legperiode op de mate van verenschade, verenpikgedrag, technische resultaten, ontwikkeling van het maag-darm kanaal en kwaliteit van het strooisel. Dit experiment startte met 864 eendagskuikens van het merk Lohmann Brown Light, die aangevoerd werden van een commerciële broederij. De kuikens werden gehuisvest in twee identieke klimaat gestuurde afdelingen (9 * 9 m), die elk 12 grondhokken (1,8 * 1,5 m) bevatten, tot 17 weken leeftijd. In elk hok werden 36 kuikens met onbehandelde snavels opgezet. Tijdens de eerste 5 weken werden houtkrullen als bodembedekkingsmateriaal verstrekt. Om het verenpikgedrag te stimuleren werd het strooisel vanaf 6 weken leeftijd volledig verwijderd. Tevens werd vanaf dat moment een roostervloer geplaatst, zodat de kuikens vanaf dat moment tot aan het einde van de opfokperiode geen gelegenheid meer hadden om naar bodemsubstraat te pikken. Tijdens de opfokperiode zijn de volgende vier voerbehandelingen toegepast:

- 1) R_0% (voer met 0% verdunning)
- 2) R_7,5% (voer met 7,5% verdunning: een mengsel van 50% R_0% en 50% R_15%)
- 3) R_15% (voer met 15% verdunning)
- 4) R_15%_haverdop (voer met 15% verdunning door toevoeging van haverdoppen).

Op 18 weken leeftijd zijn de hokken waarin voer 1, 2 of 3 werd verstrekt, in tweeën opgedeeld, zodat er twee hokken ontstonden van elk 0,9 * 1,5 m. In deze kleinere hokken werd het aantal hennen teruggebracht naar 10, waarna de dieren in de legperiode gevolgd werden tot 40 weken leeftijd.

Proefbehandeling 4 (15% verdunning met haverdoppen) werd vanaf dat moment beëindigd. Tijdens de legperiode zijn 6 voerbehandelingen toegepast:

Behandeling	Verdunningsniveau opfokperiode	Verdunningsniveau legperiode
1	0 %	0 %
2	0 %	15 %
3	7,5 %	7,5 %
4	7,5 %	15 %
5	15 %	0 %
6	15 %	15 %

De voerverdunning werd gerealiseerd door het vervangen van tarwe en sojaschroot door gerst en zonnebloemzaadschilfers. In dit experiment is de ontwikkeling van technische resultaten, verenpik- en algemeen gedrag, verenschade, maag-darmkanaal kenmerken en strooiselkwaliteit gemeten.

De belangrijkste conclusies van dit experiment zijn:

- Opfokhennen die 7,5% of 15% verdund vezelrijk voer kregen, waren niet in staat om volledig te compenseren voor deze verdunning door meer voer op te nemen, waardoor de energieopname per saldo lager was. Aan het einde van de opfokperiode was er geen verschil in hen gewicht, wat aangeeft dat de energieconversie van het verdunde voer (numeriek) beter was dan van het onverdunde voer.
- Het verstrekken van verdund voer resulteerde in een evenredige verlenging van de eettijd, terwijl de hennen minder tijd aan rusten besteedden. Hennen die verdund voer kregen, hadden aan het einde van de opfokperiode aantoonbaar minder schade aan het verenkleed.
- Het verstrekken van 15% verdund opfokvoer verhoogde het relatieve gewicht van de lege krop en spiermaag en van de inhoud van deze segmenten, terwijl het relatieve gewicht van de kliermaaginhoud verlaagd was.
- Het vochtgehalte van de excreta tijdens de opfokperiode verschilde niet tussen de behandelingen R_0%, R_7,5% en R_15% (gemiddeld 67%), terwijl het vochtgehalte van de excreta van de hennen die R_15%_haverdoppen kregen duidelijk lager was (59%).
- De energieopname tijdens de legperiode was omgekeerd evenredig met het verdunningsniveau van het voer (respectievelijk 4% en 8% lager bij het 7,5% en 15% verdunde voer ten opzichte van het onverdunde voer).
- Het verstrekken van verdunde voeders tijdens de legperiode had een negatief effect op het gewicht van de hennen (respectievelijk 2% en 3% lager bij het 7,5% en 15% verdunde voer ten opzichte van het onverdunde voer).

- De hoeveelheid eimassa was bij één behandeling (15% verdund opfokvoer, gevolgd door onverdund legvoer) hoger ten opzichte van alle andere behandelingen (55.9 vs. 53.6 g/d).
- De energieconversie tijdens de legperiode verbeterde, naarmate het verdunningsniveau van het voer toenam (respectievelijk 2% en 4% lager bij het 7,5% en 15% verdunde voer ten opzichte van het onverdunde voer).
- Tijdens de legperiode was er een relatief laag niveau van verenpikgedrag en verenschade. Ook was er geen effect van voerbehandeling op deze kenmerken. Wel was er een duidelijk effect van voerbehandeling op het gedragspatroon van de leghennen. Het verstrekken van verdund voer resulteerde in een verlengde eettijd en een verminderde rusttijd.
- De voerbehandelingen hadden geen effect op de pH-waarden per segment van het maag-darmkanaal, het aantal *Clostridium enteritis* bacteriën en op de mate van ontstekingsreacties in het maag-darmkanaal. In geen enkele hen werd chronische darmontsteking aangetoond, zodat er geen conclusies verbonden kunnen worden aan het effect van vezelrijk verdund voer op het optreden van chronische darmontsteking.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan vastgesteld worden dat het verstrekken van verdund opfok- en legvoer, door het toepassen van gangbare verdunningsbronnen, resulteert in een toename van het voergerichte gedrag van zowel opfok- als leghennen. Deze veranderingen in gedragspatroon zijn perspectiefvol vanwege hun bijdrage aan het verminderen van verenpikgedrag en verenschade van opfok- en leghennen. Het verstrekken van verdunde voeders resulteerde in lagere hen gewichten en lagere eimassa, maar zorgde ook voor verbetering van de energiebenutting. Vanuit welzijnsoogpunt wordt in zowel het opfok- als het legvoer een verdunningsniveau van minimaal 7,5% aanbevolen.

Summary

An experiment was performed to determine the (carry-over) effects of supplementing diluted diets (0%, 7.5% and 15%), by applying ingredients that are commonly used in the feed industry, during the rearing and laying period on feather damage, feather pecking behavior, performance, gut development and litter condition. A total of 864 day-old layers (Lohmann Brown Light) were obtained from a commercial breeder. All the birds were housed in two identical climate controlled rooms (9 x 9 m each), having 12 floor pens (1.8 x 1.5 m) in each room until 17 wks of age. In every pen, 36 day-old pullets were kept. Beak trimming was not applied. Wood shavings were used as litter material during the first 5 weeks of age. To induce feather pecking behavior, litter was removed and slatted floors were placed in the pens from week 6 until the end of the rearing period. During the rearing period, four dietary treatments were applied:

- 1) R_0% (0% dilution)
- 2) R_7.5% (7.5% dilution by mixing 50% of R_0% and 50% of R_15%)
- 3) R_15% (15% dilution)
- 4) R_15%_HD(15% dilution by use of oat hulls).

At 18 weeks of age, each pen in which treatment 1, 2 or 3 was applied, was subdivided in two separate pens (0.90x1.50m), resulting in 36 floor pens. In these smaller pens, the number of hens per pen was reduced to 10. These birds were selected for continuing of the study during the laying period (until 40 weeks of age). The pullets that were involved in treatment 4 (15% dilution with oat hulls) were not involved in the experiment during the laying period.

During the laying period, 6 dietary treatments were applied:

Treatment	Dilution level rearing period	Dilution level laying period
1	0 %	0 %
2	0 %	15 %
3	7.5 %	7.5 %
4	7.5 %	15 %
5	15 %	0 %
6	15 %	15 %

The dietary dilution in the rearing and laying diets was realized by replacing wheat and soy bean meal by extracted sunflower seed and barley. In this experiment, performance traits, pecking behavior, general behavior, feather damage, gut development and litter quality were monitored.

The conclusions from this experiment were:

- Rearing hens that were fed 7.5% or 15% diluted high NSP diets could not fully compensate for this dilution by a higher feed intake, resulting in a reduced energy intake. Hen weight at the end of the rearing period was similar for all dietary treatments, indicating that energy conversion ratio was (numerically) improved in pullets that were fed diluted diets.
- Feeding diluted rearing diets proportionally prolonged time spent eating and shortened time spent resting, whereas feather damage levels at the end of the rearing period were significantly reduced.
- Feeding 15% diluted rearing diets increased weights of the empty crop and gizzard and their contents, and decreased contents of the proventriculus.
- Litter moisture content during the rearing period was similar for 0%, 7.5% and 15% treatments (67%), whereas litter moisture content of the 15%_oat hull treatment was reduced (59%).
- Supplementing diluted diets negatively affected hen weight and egg performances during the laying period, whereas dietary dilution improved energy conversion ratio. Effects on performance traits depended on the dilution level and were most expressed in the highest dilution level.
- Feather pecking behavior and feather damage levels during the laying period were generally low, and were not affected by dietary treatments. Time budgets were significantly affected by dietary dilution levels. Feeding diluted diets resulted in an increased time spend on eating and a decreased resting time.
- Dietary treatments did not affect pH values per gut segment, number of *Clostridium enteritis* bacteria in the duodenum and the level of gut inflammation. Chronic enteritis was not

determined in the dissected hens, and therefore no conclusions concerning the effect of fibrous diets on this disorder could be drawn.

- Pen wetness during the laying period was not affected by dietary treatments.

Based on these findings, it can be concluded that feeding diluted rearing and laying diets, by applying ingredients that are commonly used in the feed industry, increased feeding related behavior of rearing and laying hens. These changes in time budgets seem to be perspective in reducing feather pecking behavior and feather damage of rearing and laying hens.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Introductie.....	1
2	Materiaal en methode	4
2.1	Huisvesting, dieren en management	4
2.2	Waarnemingen	11
3	Resultaten.....	15
3.1	Resultaten tijdens de opfokperiode.....	15
3.1.1	Verenkleedschade en pikgedrag tijdens de opfokperiode	15
3.1.2	Algemeen gedrag tijdens de opfokperiode	16
3.1.3	Dierprestaties, eetgedrag en strooiselkwaliteit tijdens de opfokperiode.....	17
3.1.4	Ontwikkeling van het maag-darmkanaal einde opfokperiode.....	19
3.2	Resultaten van de legperiode	20
3.2.1	Gedrag tijdens de legperiode.....	20
3.2.2	Pikgedrag tijdens de legperiode	23
3.2.3	Verenkleedschade legperiode	23
3.2.4	Algemeen gedrag tijdens de legperiode	25
3.2.5	Ontwikkeling van het maag-darmkanaal op 39 weken leeftijd	25
4	Discussie	27
4.1	Verenpikgedrag tijdens de opfokperiode	27
4.2	Algemeen gedrag tijdens de opfokperiode	28
4.3	Dierprestaties tijdens de opfokperiode.....	28
4.4	Ontwikkeling van het maag-darmkanaal tijdens de opfokperiode	29
4.5	Vochtgehalte strooisel opfokperiode	30
4.6	Dierprestaties tijdens de legperiode.....	30
4.7	Verenpikgedrag tijdens de legperiode	31
5	Conclusies	32
6	Bijlagen	36

1 Introductie

In 1999 werd de 'Europese Richtlijn betreffende het welzijn van legkippen' aangenomen, die vereist dat de conventionele legbatterijen in 2012 worden afgebouwd (Appleby, 2003). Dit leidde tot de ontwikkeling van alternatieve huisvestingssystemen, zoals verrijkte kooien, scharrelstallen zonder buitenuitloop (o.a. volières) en scharrelstallen met vrije uitloop. Een groot probleem in veel alternatieve huisvestingssystemen is het optreden van verenpikken en kannibalisme (Wetenschappelijk Veterinair Comité, 1996). Uit onderzoek van Huber-Eicher en Sebo (2001a) bleek dat 40% van alle koppels leghennen in alternatieve huisvestingssystemen een aanzienlijke mate van verenpikken hadden ontwikkeld. Een conventionele manier om dit probleem op te lossen, is door het inkorten van de snavels. Naar verwachting zal deze ingreep in Nederland echter in 2021 wettelijk verboden worden.

Savory (1995) definieert verenpikken als 'het pikken en uittrekken van de veren van een andere hen'. Vaak worden deze veren ook opgegeten (Bilcik en Keeling, 1999). Verenpikken wijst op een verminderd welzijn van zowel het slachtoffer als de pikker. Het uittrekken van de veren is pijnlijk en hennen met een beschadigd verenkleed zijn vatbaar voor verder verenpikken en wondpikken (McAdie en Keeling, 2000). Verenpikken heeft ook economische consequenties als gevolg van verhoogde sterfte (Johnsen et al., 1998) en vermindering van de eiproductie (El Lethey et al., 2000).

Er bestaan momenteel twee hypothesen over de oorzaak van verenpikken. Volgens Blokhuis en Van der Haar (1989) is verenpikken een vorm van omgericht grondpikken, terwijl Vestergaard (1994) er vanuit gaat dat het gerelateerd is aan stofbaden. Huber-Eicher en Wechsler (1997) onderzochten de twee hypothesen. In hun experiment met opfokhennen gaven ze de helft van de dieren de beschikbaarheid over zand als substraat om te stofbaden, terwijl de andere helft stro kreeg als foerageer-substraat. Hun bevindingen toonden aan dat het stimuleren van het foerageergedrag effectief is om verenpikgedrag te verminderen en te voorkomen, terwijl de aanwezigheid van een substraat voor stofbaden de ontwikkeling van verenpikken niet kan voorkomen. Andere factoren die van invloed zijn op het verenpikgedrag zijn o.a. omgevingsfactoren (voeding, verlichting, huisvesting, groepsgrootte en dichtheid) en interne factoren, zoals geslacht, leeftijd, erfelijke aanleg en fysiologische controle mechanismen. (Sedlackova et al., 2004).

De invloed van voeding is van bijzonder belang; diverse onderzoeken zijn verricht om het effect van voeding op verenpikken vast te stellen. Voedingstekorten en het uitsluitend gebruiken van plantaardige eiwitten zouden mogelijk verenpikken kunnen veroorzaken (Savory, 1995). De laatste bevinding werd echter niet ondersteund door de studie van McKeegan et al. (2001) bij jonge hennen (opfokhennen tot 24 weken leeftijd), waaruit bleek dat verenpikken, kannibalisme en ook de eiproductie niet verschilden voor voer, waarin ofwel sojameel of vismeel als eiwitbron was toegevoegd. Vergelijkbare resultaten werden gevonden door Van Krimpen et al. (2010b), die lieten zien dat dierlijke eiwitten als zodanig de schade aan het verenkleed niet verminderde bij 21 tot 40 weken oude legkippen. Minder verenpikken trad op bij hennen die stro kregen als foeragemateriaal en meelvoer in plaats van gepelleerd voer kregen. Als gevolg hiervan waren de hennen langere periodes met voergedrag bezig en pikten ze vaker naar het voer tijdens een voerbeurt (Aerni et al., 2000). Het verstrekken van voeders met een laag energiegelhalte en een hoog gehalte aan niet-wateroplosbare vezels (NSP) kan ook de eettijd verlengen (Van Krimpen et al., 2007; Van Krimpen et al., 2008; Van Krimpen et al., 2009).

Het doel van een voer met veel onoplosbare NSP is om de passagesnelheid van de spijsbrij aan het begin van het maagdarmkanaal te verminderen, wat het gevoel van verzadiging stimuleert (Van Krimpen et al., 2008). Dit vermindert de algemene pikbehoefte van de hennen, wat bijdraagt aan minder verenpikken en kannibalisme. Vaak resulteert het toevoegen van vezels, over het totale darmkanaal gemeten, in een snellere passagesnelheid door het totale spijsverteringskanaal (Hartin et al., 2003; Hetland et al., 2004b). Er zijn aanwijzingen dat hennen die een vezelarm voer krijgen het gebrek aan structuur in het voer compenseren door het eten van donsveren (Hetland et al., 2004b). Het eten van veren versnelde de gemiddelde passagesnelheid van de spijsbrij door het totale maagdarmkanaal, zodat het effect vergelijkbaar was met het verstrekken van niet-water oplosbare vezels (Harlander-Matauschek et al., 2006).

Hennen die voer krijgen met een lage energiedichtheid compenseren hiervoor door meer voer op te nemen, zodat de energieopname vrijwel gelijk is aan die van hennen die gangbaar voer krijgen. Vaak gaat dit gepaard met een verlengde eettijd. Savory (1980) toonde aan dat Japanse kwartels langere en meer frequente maaltijden hadden als ze verdund meelvoer (40% cellulose) kregen in vergelijking met kwartels die onverdund voer kregen. Energiearme voeders verbeterden de kwaliteit van het verenkleed van hennen in vergelijking met hennen die werden gevoerd met een standaard voer (Van

der Lee et al., 2001). Samengevat lijkt het verminderen van de energiedichtheid van het voer het verenpikgedrag van leghennen te verminderen.

Verschillende vezelsoorten met wisselende niet-water oplosbare NSP-gehalten zijn onderzocht bij hennen aan het begin van de legperiode (ISA Brown ras, 16-24 weken oud) (Van Krimpen et al., 2007). Het verstrekken van verdunde voeders, door het toevoegen van 10% van een vezelbron aan het controlevoer, resulteerde in een hogere voeropname, maar een vergelijkbare energieopname, waarbij de legprestaties en de groei van de hennen vergelijkbaar of zelfs beter waren. Voeders met een hoog gehalte aan oplosbare vezels hadden geen invloed op de etentijd en op het relatieve spiermaag gewicht, terwijl voeders met een hoog niet-oplosbaar vezelgehalte zorgen voor een aanzienlijke toename van deze parameters. Een tweede experiment bevestigde dat het verstrekken van voer met 10% minder energie en een hoog niet-water oplosbaar vezelgehalte zorgde voor een verlenging van de eettijd bij leghennen (17 tot 40 weken oud) (Van Krimpen et al., 2008). Dergelijk voer zorgde wel voor een vertraging in de ontwikkeling van het verenpikgedrag, maar niet voor het voorkómen ervan. De auteurs schreven het ontbreken van een duidelijk effect in de legperiode toe aan het reeds ontstaan van verenpikken tijdens de opfokperiode. In deze periode kregen alle jonge hennen een standaard onverdund opfokvoer. Eiproductie en het gewicht van de eieren van 34 tot 37 weken oude legkippen werd niet beïnvloed door een verminderde energie concentratie van het voer als gevolg van het toevoegen van 10, 20, 25 of 30% zand aan het controlevoer (Van der Meulen et al., 2008). Experimenten van Blokhuis en Van der Haar (1989) toonden aan dat de neiging van hennen om te pikken (naar de bodem of naar voorwerpen) afhankelijk is van eerdere ervaringen tijdens de opfokperiode. Het effect van een nieuwe prikkel (strooisel) tijdens de legperiode bleek beïnvloed te worden door eerdere ervaringen. Dit veronderstelt dat de ontwikkeling van verenpikgedrag al tijdens de opfokperiode voorkomen dient te worden, omdat het invloed heeft op het verenpikgedrag tijdens de legperiode. Nadat verenpikken eenmaal ontwikkelde in een groep kuikens, bleek dit niet meer gestopt te kunnen worden door de kuikens zand en stro te verstrekken (Johnsen en Vestergaard, 1996). Verschillende studies hebben geprobeerd om vast te stellen of er een gevoelige imprintingsperiode is, waarin de aanleg tot verenpikgedrag tot expressie komt. Volgens Braastad (1990) ligt de gevoelige periode voor voer imprintgedrag tussen 0-6 dagen na het uitkomen. Kippen die tijdens deze periode blauwkleurig voer kregen, gevolgd door blauwkleurig strooisel tijdens de legperiode pikten, meer op de grond en hadden het beste verenkleed. Vroege imprint gedrag werd ook waargenomen bij het verstrekken van verschillende substraten om te stofbaden tijdens dag 3-12 na uitkomen (Vestergaard en Lisborg, 1993). Huber-Eicher en Sebo (2001b) stelden vast dat veel koppels opfokhennen reeds op 5 weken leeftijd een aanzienlijke mate van verenpikgedrag ontwikkelden. De auteurs adviseerden om de kuikens in scharrelsystemen al vanaf de eerste dag toegang te geven tot strooisel, wat het foerageergedrag bevordert en het verenpikgedrag vermindert (Huber Eicher en Sebo, 2001a). Echter, experimenten van Nicol en collega's (2001) veronderstelden dat vroege substraat imprinting weliswaar grotendeels bepalend is voor het gedrag van jonge kippen, maar dat het gedrag van volwassen hennen meer flexibiliteit laat zien en onder andere sterk bepaald wordt door het substraat dat ze tijdens deze levensfase verstrekt krijgen. Dit benadrukt het belang van het verstrekken van het juiste substraat waarnaar hennen kunnen pikken tijdens alle fasen van hun hele leven.

Onlangs hebben Van Krimpen et al. (2010) het effect onderzocht van het verstrekken van verdund voer tijdens uitsluitend de opfokperiode of de legperiode, of tijdens beide perioden op de ontwikkeling van veerклеedschade tijdens de legperiode. Zij toonden aan dat het voeren van 15% verdund opfok- en legvoer het niveau van de veerклеedschade beperkt. Bij deze behandeling daalde het niveau van veerклеedschade met 20% in vergelijking met de controlebehandeling, terwijl de niveaus van veerклеedschade bij de andere behandelingen tussen beide behandelingen in lagen. In dit experiment werd echter de voerverdunning van het opfokvoer gerealiseerd door het toevoegen van grondstoffen (zand en haverdoppen) die niet erg gebruikelijk zijn in de praktijk. In de verdunde legvoeders werden zonnebloemzaadschroot, gerst en luzerne gebruikt als verdunningsbronnen. Een ongewenst neveneffect van het verstrekken van deze verdunde legvoeders was een toename in het vochtgehalte van de mest, mogelijk omdat het verdunde voer 18% meer oplosbare NSP bevatte. Daarnaast bleef de vraag of minder hoge niveaus van voerverdunning ook zouden leiden tot vermindering van schade aan het verenkleed. Daarom werd besloten om in het huidige onderzoek het effect van verschillende verdunningsniveaus in het voer (0%, 7,5% en 15%) te onderzoeken, hierbij gebruikmakend van verdunningsgrondstoffen die wel toegepast worden in praktijkvoeders, in zowel de opfok- als de legperiode. Uitleesparameters waren schade aan het verenkleed, strooiselkwaliteit en dierprestaties van de opfok- en legkippen. In eerdere experimenten (Van Krimpen et al., 2009) zijn geen negatieve effecten van het gebruik van haverdoppen als verdunningsbron op de strooiselkwaliteit waargenomen. Daarom werd aanvullend een voer verdund met 15% haverdoppen toegevoegd als positieve controle behandeling tijdens de opfokperiode.

Hypothese

Verondersteld wordt dat het verstrekken van voer dat verdund is met niet-water oplosbare NSP vanaf de eerste levensdag van een kuiken een stimulerend effect heeft op het voergericht gedrag en op de mate van verzadiging, wat resulteert in een verminderende motivatie tot verenpikkengedrag en als gevolg daarvan tot minder schade aan het verenkleed.

Doelstelling

Het vaststellen van de (carry-over) effecten van het verstrekken van verdund voer (0%, 7,5% en 15%), en van het effect van verdunningsbron (gerst en zonnebloemzaadschroot vs. haverdoppen) tijdens de opfok-en legperiode op de ontwikkeling van verenschade, verenpikgedrag, dierprestaties en strooisel conditie.

2 Materiaal en methode

2.1 Huisvesting, dieren en management

Opfokperiode

In totaal werden 864 eendagskuikens (Lohmann Brown), afkomstig van een commerciële fokker, opgezet. De kuikens werden gehuisvest in twee identieke klimaat gestuurde stallen (9 x 9 m), elk met 12 grondhokken (1,8 x 1,5 m) tot 17 weken leeftijd met 36 kuikens per hok. De hokken waren gemaakt van gaas, zodat de kippen hun hokgenoten in de omliggende hokken konden zien. Elk hok bevatte twee zitstokken, een voerbak (100 cm lang) en 4 drinknippels. In de tweede week kreeg elk kuiken een uniek identificatienummer in de vleugel. Snavelbehandeling werd niet toegepast. Alle kippen werden ingeënt volgens het vaccinatieschema dat weergegeven wordt in bijlage 1.

Voor de instellingen van omgevingstemperatuur en relatieve vochtigheid werden de management richtlijnen van Lohmann Brown aangehouden. Tijdens de eerste drie dagen was de temperatuur ingesteld op 33 °C, waarna deze geleidelijk, door het verlagen met 2,5 °C per week, werd teruggebracht tot een constante waarde van 21 °C in week 5. Deze temperatuur werd gehandhaafd tot het einde van de opfokperiode. In de eerste vier weken was de relatieve vochtigheid ongeveer 60-70%, waarna deze geleidelijk verminderde tot 40-50%. Dit niveau werd gehandhaafd tot het einde van de opfokperiode.

Het verlichtingsschema was gebaseerd op de richtlijnen van Lohmann Brown. Gedurende de eerste drie dagen was er vrijwel continu licht (22 uur per dag) met een lichtintensiteit van 20 lux. Daarna werd het lichtschema geleidelijk teruggebracht tot 10 uur licht : 14 uur donker in week 7. Dit niveau bleef ongewijzigd tot aan het einde van de opfokperiode. Als lichtbron werd gebruik gemaakt van hoogfrequente TL-buizen.

Tijdens de eerste 5 weken werden houtkrullen gebruikt als strooiselmateriaal. Om verenpikgedrag te induceren werd het strooisel verwijderd en werden roostervloeren in de hokken geplaatst vanaf week 6 tot aan het einde van de opfokperiode.

De hennen werden twee keer per dag gecontroleerd op wonden, algemene gezondheid en de beschikbaarheid van voer en water. Eventuele wonden werden behandeld met jodium spray. Bovendien werden gepikte kippen gespoten met hertschoornolie, wat dient te voorkomen dat ze nog verder gepikt zouden worden door de andere kippen.

Water en voer waren onbeperkt beschikbaar. Tijdens de opfokperiode zijn vier voerbehandelingen toegepast:

R_0% (0% verdunning)

R_7,5% (7,5% verdunning door menging van 50% R_0% en 50% R_15%)

R_15% (15% verdunning)

R_15%_HD(15% verdunning door het gebruik van haverdoppen).

Zonnebloemzaadschroot, tarwegries en gerst werden gebruikt als verdunningsbronnen in de R_7,5% en de R-15% diëten.

Elke behandeling werd 6 keer herhaald (hok is experimentele eenheid), waarbij de behandelingen willekeurig toegewezen waren aan de hokken. De hennen kregen opfokvoer 1 gedurende de eerste 6 weken, gevolgd door opfokvoer 2 van week 7 tot het einde van de opfokperiode. Alle voeders werden verstrekt in meelvorm. De voeders bevatten ook een anti-coccidiose middel en enzymen. Tijdens de eerste week werd het voer verstrekt op eiertrays. Deze trays werden vervangen door speciale voerbakken voor kuikens tot week 5, waarna 100 cm lange voerbakken gebruikt worden tot het einde van de opfokperiode. Een overzicht van de voersamenstelling, de berekende en geanalyseerde nutriëntgehalten en de fysieke kenmerken van de opfokvoeders is weergegeven in tabel 1a tot 1c.

Tabel 1a Voersamenstelling van de opfokvoerders (g/kg)

Verduunningsniveau	Opfokvoer 1				Opfokvoer 2			
	0%	7,5%	15%	15% Haverdop	0%	7,5%	15%	15% Haverdop
<i>Grondstoffen</i>								
Tarwe	400,0	300,0	200,0	340,0	400,0	300,0	200,0	340,0
Maïs	222,0	205,4	188,8	188,6	262,3	229,3	196,2	222,9
Sojaschroot	148,9	107,4	65,8	126,6	121,4	70,7	20,0	103,2
Erwten	60,0	65,0	70,0	51,0	25,0	30,3	35,5	21,3
Tarwegries	50,0	113,3	176,6	42,5	90,0	151,1	212,2	76,5
Raapzaadschroot	50,0	50,0	50,0	42,5	40,0	40,0	40,0	34,0
Gerst	0,0	50,0	100,0	0,0	0,0	75,0	150,0	0,0
Zonnebloemzaadschroot	0,0	50,0	100,0	0,0	0,0	50,0	100,0	0,0
Haverdoppen	0,0	0,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	150,0
Soja olie	19,3	14,7	10,0	16,4	17,2	13,6	10,0	14,6
Krijt	17,0	15,9	14,7	14,5	19,0	17,8	16,5	16,2
Monocalciumfosfaat	8,2	5,9	3,6	7,0	4,2	2,3	0,4	3,6
Natrium Bicarbonaat	2,6	2,6	2,6	2,2	2,0	2,3	2,5	1,7
Zout	1,8	1,5	1,2	1,5	2,2	1,8	1,3	1,9
L-Lysine HCL	2,0	1,9	1,7	1,7	0,8	1,1	1,3	0,7
DL-Methionine	1,4	0,9	0,4	1,2	0,3	0,2	0,0	0,3
L-Threonine	1,2	0,9	0,6	1,0	0,3	0,3	0,2	0,3
L-Tryptofaan	0,3	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Premix ¹	5,0	4,7	4,3	4,3	5,0	4,7	4,3	4,3
Fytase	5,0	5,0	5,0	4,3	5,0	5,0	5,0	4,3
Clinacox	5,0	4,7	4,3	4,3	5,0	4,7	4,3	4,3
Ronozyme WX	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

¹ Levert bij een dosering van 5 g/kg the volgende nutriënten per kg voer: vitamine A, 12,000 IU; vitamine D3, 2,400 IU; vitamine E, 40 mg; vitamine B1, 4.8 mg; vitamine B2, 12 mg; d-panthothenic acid, 16 mg; niacinamide, 48 mg; vitamine B6, 5.6 mg; folic acid, 1.8 mg; vitamine B12, 25 µg; vitamine C, 100 mg; biotine, 0.1 mg; vitamine K3, 4.8 mg; choline chloride, 260 mg; koper, 8 mg (as CuSO4.5H2O), ijzer, 65 mg (as FeSO4.7H2O); mangaan 65 mg (as MnO2); zink, 50 mg (as ZnSO4); kobalt, 0.4 mg (as CoSO4.7H2O); jodium, 1 mg (as KI); selenium, 0.4 mg (as Na2SeO3.5H2O).

Tabel 1b Geanalyseerde en berekende nutriënten van de opfokvoerders (g/kg)

Verduunningsniveau level	Opfokvoer 1				Opfokvoer 2			
	0%	7,5%	15%	15% Haverdop	0%	7,5%	15%	15% Haverdop
<i>Geanalyseerde nutriënten¹</i>								
Droge stof	881	882	883	887	873	876	877	879
As	54	55	55	51	50	50	49	47
Ruw eiwit	176	176	171	152	161	160	159	141
Vet	43	41	42	35	38	37	35	31
Ruwe celstof	38	50	64	82	30	48	68	81
Zetmeel	394	389	348	343	464	433	370	376
Suikers ²	42	44	44	36	40	39	39	35
NDF	125	152	181	225	115	150	189	230
ADF	55	71	88	106	46	67	91	103
ADL	15	19	23	23	13	21	28	22
Ca	9,4	8,5	8,4	8,5	8,9	8,6	7,5	7,9
P	6,1	6,1	6,3	5,4	4,6	4,9	5,4	4,1
Na	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,1	1,3
K	7,4	7,9	8,4	7,4	6,8	7,3	7,6	6,6
<i>Berekende nutriënten</i>								
AME _n (MJ/kg)	11,1	10,3	9,5	9,7	11,1	10,3	9,5	9,7
LYS	9,8	9,3	8,7	8,8	7,7	7,3	6,9	7,0
Vert. LYS _p	8,4	7,8	7,1	7,3	6,4	5,9	5,4	5,6
Vert. MET _p	3,7	3,2	2,8	3,2	2,4	2,3	2,1	2,1
Vert. CYS _p	2,5	2,5	2,5	2,2	2,4	2,3	2,2	2,1
Vert. M+C _p	6,2	5,7	5,3	5,4	4,8	4,6	4,4	4,2
Vert. THR _p	6,1	5,6	5,2	5,3	4,7	4,4	4,0	4,1
Vert. TRP _p	2,0	1,8	1,7	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3
Cl	2,0	1,9	1,7	1,8	2,0	1,9	1,7	1,8
Opneembaar P	4,0	3,7	3,4	3,4	3,2	3,0	2,7	2,7
Fytase units	500	500	500	430	500	500	500	430
Vit. A	11544	10678	9812	9812	11544	10678	9812	9812
Vit. D3	2309	2136	1962	1962	2309	2136	1962	1962
Vit. E	38	36	33	33	38	36	33	33

¹ Alle monsters zijn in duplo geanalyseerd en daarna gemiddeld. ² Mono- en disaccharides als glucose eenheden.

Tabel 1c Deeltjesgrootteverdeling van de opfokvoerders

Verdunningsniveau	Opfokvoer 1				Opfokvoer 2			
	0%	7,5%	15%	15% Haverdop	0%	7,5%	15%	15% Haverdop
<i>Fractie</i>								
<125 µm	11,5	12,5	12,5	8,5	9,0	9,5	9,0	8,5
> 125 en < 250 µm	11,5	11,5	13,5	12,5	13,0	13,0	11,5	16,0
> 250 en < 500 µm	19,5	20,5	20,5	18,0	20,5	22,5	19,5	24,0
> 500 en < 1400 µm	46,0	43,5	44,0	47,5	46,5	45,5	47,5	43,5
> 1400 en < 2800 µm	11,0	11,5	9,0	13,0	11,0	9,5	12,5	8,0
> 2800 µm	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Gem. deeltjesgrootte (µm)	787	778	734	838	780	746	814	707

Leg periode

Op 18 weken leeftijd werd elke hok van behandeling 1, 2 of 3 onderverdeeld in twee kleinere hokken (0.90 x 1.50 m), resulterend in 36 grondhokken. In deze kleinere hokken werd het aantal hennen teruggebracht tot 10. Hierbij werd gestreefd naar een vergelijkbaar gemiddeld gewicht per hok. Hiervoor werd eerst het gewicht van elke individuele hen bepaald, waarna van de 36 aanwezige opfokhennen er 2 x 10 werden geselecteerd voor de twee afzonderlijke hokken. Het gemiddelde gewicht per hok varieerde van 1550-1670 g. Deze hennen werden gevolgd tot 40 weken leeftijd. De hennen van behandeling 4 (15% verdunning met haverdoppen) werden niet meer gevolgd tijdens de legperiode. Tijdens de legperiode werd zand gebruikt als strooisel. De strooiselkwaliteit werd wekelijks visueel gecontroleerd. Strooiselkwaliteit werd uitgedrukt als % van het vloeroppervlak dat werd waargenomen als nat strooisel. Gedurende het experiment werd de strooiselkwaliteit op peil gehouden door maandelijks nieuw zand toe te voegen. De staltemperatuur tijdens de legperiode was ingesteld op 20° en de gemiddelde luchtvochtigheid op 55%. Vanaf 17 weken leeftijd werd het lichtschema geleidelijk uitgebreid met een uur per week naar een 16L: 8D verhouding op 22 weken leeftijd. De lichtintensiteit was vastgesteld op 20 lux. Om verenpikgedrag te induceren werd de lichtintensiteit echter vanaf week 34 verhoogd tot 60 lux. Voer (in meelvorm) en water werden onbepaald verstrekt. Het voer werd wekelijks in- en terug gewogen. Om voerselektie en morsen te voorkomen, werd de voerbak dagelijks bijgevuld. Tijdens de legperiode werden 6 voerbehandelingen toegepast, zoals aangegeven in tabel 2.

Tabel 2 Voerbehandelingen tijdens de legperiode.

Behandeling	Verdunningsniveau Opfokperiode	Verdunningsniveau Legperiode
1	0 %	0 %
2	0 %	15 %
3	7,5 %	7,5 %
4	7,5 %	15 %
5	15 %	0 %
6	15 %	15 %

De voerverdunning werd gerealiseerd door het vervangen van tarwe en sojaschroot door zonnebloemzaadschroot en gerst. Een overzicht van de voersamenstellingen, de berekende en geanalyseerde nutriënten en de fysische kenmerken van de legvoerders is weergegeven in tabel 3a tot 3c.

Tabel 3a Samenstelling van de legvoerders (g/kg)

Verdunningsniveau	0%	7,5%	15%
<i>Grondstoffen</i>			
Maïs	400,0	350,0	300,0
Gerst	25,0	112,5	200,0
Tarwe	190,5	131,8	73,1
Triticale	0,0	19,6	39,1
Sojaschroot	174,7	123,0	71,2
Zonnebloemzaadschroot	35,8	47,9	60,0
Raapzaadschroot	10,0	35,5	61,0
Maïsglutenvoer	10,0	29,8	49,5
Luzerne	10,0	25,0	39,9
Soja olie	32,3	21,5	10,7
Kalksteentjes	71,7	66,4	61,0
Krijt	20,0	20,0	20,0
Monocalciumfosfaat	8,8	6,9	5,0
Premix ¹	5,0	4,7	4,3
Salt	2,2	1,6	1,0
Natrium bicarbonaat	2,0	2,2	2,4
DL-Methionine	1,4	1,1	0,7
L-Lysine HCL	0,6	0,8	1,0

¹ Levert bij een dosering van 5 g/kg the volgende nutriënten per kg voer: vitamine A, 12,000 IU; vitamine D3, 2,400 IU; vitamine E, 40 mg; vitamine B1, 4.8 mg; vitamine B2, 12 mg; d-panthothenic acid, 16 mg; niacinamide, 48 mg; vitamine B6, 5.6 mg; folic acid, 1.8 mg; vitamine B12, 25 µg; vitamine C, 100 mg; biotine, 0.1 mg; vitamine K3, 4.8 mg; choline chloride, 260 mg; koper, 8 mg (as CuSO4.5H2O), ijzer, 65 mg (as FeSO4.7H2O); mangaan 65 mg (as MnO2); zink, 50 mg (as ZnSO4); kobalt, 0.4 mg (as CoSO4.7H2O); jodium, 1 mg (as KI); selenium, 0.4 mg (as Na2SeO3.5H2O).

Tabel 3b Geanalyseerde en berekende gehalten van de legvoerders (g/kg)

Verdunningsniveau	0%	7,5%	15%
<i>Geanalyseerde gehalten¹</i>			
Droge stof	886	887	887
As	120	116	120
Ruw eiwit	160	154	144
Vet	50	40	31
Ruwe celstof	31	40	47
NDF	87	107	123
ADF	42	52	64
ADL	11	14	16
Ca	40,5	38,9	34,2
P	5,4	5,4	5,4
Na	1,6	1,6	1,5
K	6,6	6,5	6,4
<i>Berekende gehalten</i>			
Zetmeel	389	382	375
Suikers ²	30	30	29
AME _n (MJ/kg)	11,8	10,9	10,0
LYS	7,8	7,4	7,0
Vert. LYS _p	6,5	6,0	5,5
Vert. MET _p	3,6	3,2	2,8
Vert. M+C _p	5,8	5,4	4,9
Vert. THR _p	4,6	4,4	4,1
Vert. TRP _p	1,5	1,4	1,3
Cl	2,0	1,9	1,7
Opneembaar P	3,0	2,7	2,4
Vit. A	11544	10736	9928
Vit. D3	2309	2147	1986
Vit. E	38	36	33

¹ Alle monsters zijn in duplo geanalyseerd en daarna gemiddeld. ² Mono- en disaccharides als glucose eenheden.

Tabel 3c Deeltjesgrootteverdeling van de legvoerders

Verdunningsniveau	0%	7,5%	15%
<i>Fractie</i>			
> 1400 µm	6,0	6,6	7,4
< 1400 en > 1000 µm	9,2	12,1	8,5
< 1000 en > 710 µm	16,4	14,6	20,0
< 710 en > 500 µm	16,8	17,3	18,2
< 500 en > 355 µm	14,7	14,6	14,6
< 355 en > 250 µm	10,9	9,4	9,2
< 250 en > 150 µm	10,2	10,0	9,5
< 150 en > 100 µm	14,5	8,6	11,2
< 100 en > 63 µm	0,7	5,6	1,1
< 63 en > 36 µm	0,3	1,0	0,3
< 36 µm	0,3	0,1	0,0
Gem. deeltjesgrootte (µm)	630	660	690

2.2 Waarnemingen

Analyses

De voeders zijn geanalyseerd op droge stof, ruw as, ruw vet, ruwe celstof, stikstof, zetmeel, suikers (mono-en disachariden als glucose-eenheden), calcium, fosfor, natrium en kalium. NDF, ADF en ADL werden bepaald en gebruikt voor het berekenen van het cellulose en hemicellulose gehalte. Alle monsters werden in tweevoud geanalyseerd, met uitzondering van de mineralen, die enkelvoudig werden geanalyseerd. Voor de bepaling van het droge stofgehalte werden de voeders gevriesdroogd volgens ISO-methode nummer 6496 (International Organization for Standardization, 1998a.). Na vriesdrogen werden de voeders gemalen door een zeef met een maaswijdte van 1 mm en bewaard voor analyse. Luchtdroog voer werd gedroogd in een hete luchtoven op 103°C tot een constant gewicht volgens ISO-methode nummer 6496 (International Organization for Standardization, 1998a). Het Kjeldahl stikstofgehalte werd gemeten volgens ISO-methode nummer 5983 (International Organization for Standardization, 1997) in vers materiaal. Het ruw eiwitgehalte werd berekend als: stikstof * 6,25. Het ruw vet gehalte werd bepaald na zure hydrolyse volgens ISO-methode nummer 6492 (International Organization for Standardization, 1999). Voor het bepalen van het ruw asgehalte werden monsters verbrand bij 550°C in een moffeloven volgens de ISO-methode nummer 5984 (International Organization for Standardization, 2002). Het zetmeelgehalte werd enzymatisch geanalyseerd, zoals beschreven door Brunt (1993). Reducerende suikers werden geëxtraheerd uit de voermonsters met 40% ethanol en bepaald zoals beschreven door Suárez et al. (2006). De gehalten van de mineralen calcium, fosfor, natrium en kalium werden geanalyseerd met behulp van ICP-AES (International Organization for Standardization, 1998b). Analyse van de vezelfracties NDF, ADF en ADL werden gebaseerd op een aangepaste methode van Van Soest et al. (1973), zoals beschreven door Suárez et al., (2006).

Deeltjesgrootteverdeling

De deeltjesgrootteverdeling van de voeders werd bepaald volgens de droge zeefmethode (Goelma et al., 1999). Bij de opfokvoeders werden zeven deeltjesgrootte fracties onderscheiden met behulp van zes zeven met een diameter van respectievelijk 125, 250, 500, 1400, 2800 en 4000 µm. De gemiddelde deeltjesgrootte van de voeders (in micrometer) werd berekend volgens de formule:

$$((\text{Fractie} < 125 \mu\text{m} * 62.5) + (\text{Fractie } 125 - 250 \mu\text{m} * 187.5) + (\text{Fractie } 250 - 500 \mu\text{m} * 375) + (\text{Fractie } 500 - 1400 \mu\text{m} * 950) + (\text{Fractie } 1400 - 2800 \mu\text{m} * 2100) + (\text{Fractie } 2800 - 4000 \mu\text{m} * 3400)) / 100.$$

Bij de legvoeders werden elf deeltjesgrootte fracties onderscheiden door het gebruik van tien zeven met een diameter van respectievelijk 36, 63, 100, 150, 250, 355, 500, 710, 1000 en 1400 micrometer. De gemiddelde deeltjesgrootte van de legvoeders (in micrometer) werd berekend als: $((\text{Fractie} < 36 \mu\text{m} * 18) + (\text{Fractie } 36 - 63 \mu\text{m} * 49.5) + (\text{Fractie } 63 - 100 \mu\text{m} * 81.5) + (\text{Fractie } 100 - 150 \mu\text{m} * 125) + (\text{Fractie } 150 - 250 \mu\text{m} * 200) + (\text{Fractie } 250 - 355 \mu\text{m} * 303) + (\text{Fractie } 355 - 500 \mu\text{m} * 428) + (\text{Fractie } 500 - 710 \mu\text{m} * 605) + (\text{Fractie } 710 - 1000 \mu\text{m} * 855) + (\text{Fractie } 1000 - 1400 \mu\text{m} * 1200) + (\text{Fractie} > 1400 \mu\text{m} * 2400)) / 100.$

Waarnemingen

Voeropname, lichaamsgewicht en legprestaties

Wekelijks werden voeropname en legprestaties op hokniveau vastgesteld. Eenmaal per 4 weken werden alle dieren op hokniveau gewogen.

Verenconditiescores

Elke 4 weken werd de verenconditiescore per individuele kip gescoord volgens de scoringsmethode van Bilkic en Keeling (1999). De score varieerde van 0 (intacte veren, geen verwondingen of krassen) tot 5 (volledig kaal lichaamsdeel). Deze scores werden gegeven voor zes delen van het lichaam (vleugel, nek, rug, romp, staart en buik). Het gemiddelde van deze zes scores werd gebruikt voor analyse van de kwaliteit van het verenkleed.

Eetgedrag

Tijdens de opfokperiode werden elke 4 weken video observaties opgenomen op videotapes en beoordeeld met het programma Observer 4.1/5.0 (Noldus, 1993). Op basis hiervan werd de eettijd van de hennen per hok bepaald. De eettijd werd gedefinieerd als het percentage van de tijd dat hennen besteden aan voeropname tijdens de observatieperiode. Een observatiedag was verdeeld in drie blokken: 9.00 – 11.30 uur, 11.30 – 14.00 en 14.00 – 16.30. Per hok werd gelijktijdig door twee camera's gefilmd. Een waarneming duurde veertig minuten, maar om mogelijke verstoring van de cameraman te voorkomen werden alleen de middelste 30 observatieminuten geanalyseerd. Het aantal etende kippen werd continu geregistreerd. Op basis hiervan werd voor het betreffende hok de eettijd als percentage van de observatieperiode berekend. Het totaal aantal eetminuten per dag werd geschat door het aantal minuten met licht aan (16 h x 60 min) te vermenigvuldigen met het percentage van de waargenomen eettijd. De eetsnelheid werd berekend als voeropname (g/d) gedeeld door het aantal eetminuten per dag. De eettijd en de eetsnelheid werden gemiddeld per hok per dag.

Gedragswaarnemingen

Elke 4 weken werden gedragswaarnemingen uitgevoerd volgens het ethogram, zoals weergegeven in Tabel 4, opgesteld door Van Hierden et al. (2002). De volgende gedragingen werden gescoord: zacht verenpikken (pikken naar veren zonder het verwijderen van veren), hard verenpikken (leidend tot veer verlies), agressief pikken, cloacapikken, hokpikken, en grondpikken. Elke pik van de hennen in een bepaald hok tijdens een 10 min. durende observatieperiode werd gescoord volgens het ethogram. De resultaten werden uitgedrukt als het aantal keer pikken per aanwezige hen per 10 minuten.

Algemeen gedrag werd ingedeeld in vijf groepen: eten, lopen, foerageren, verzorgen verenkleed, rusten en drinken. Een waarnemer die voor het hok zat scoorde elke minuut tijdens een 15 minuten durende observatieperiode het aantal hennen per gedragsklasse. Op basis van deze 15 waarnemingen werd het gemiddelde aantal hennen per gedragsklasse per hok voor die week vastgesteld. De som van de 15 waarnemingen per klasse per hok werd gedeeld door het totale aantal waarnemingen van dat hok * 100. Dit resulteert in het percentage van de tijd dat besteed werd aan het desbetreffend gedrag in dat hok voor die week.

Tabel 4 Ethogram met gedragsmetingen, volgens Van Hierden et al. (2002)

Gedrag	Omschrijving
<i>Duur</i>	
Eten	Pikken naar voer in trog
Foerageren	Pikken naar het strooisel en krabben of bewegen met de kop in een lagere positie dan de romp
Verzorgen verenkleed	Zelfverzorgend gedrag: bijvoorbeeld pikken naar eigen veren, strijken, aaien, kammen en hoofd wrijven
Lopen	Lopen, rennen, springen of vliegen (dit kan gepaard gaan met de vleugels klapperen)
Stofbaden	Zitten en het uitvoeren van verticaal vleugel schudden, lichaam schudden, strooisel pikken en/of krabben, snavel harken en zijkant hoofd wrijven
Rusten	Zitten of staan inactief (geen beweging van de poten)
Drinken	Met de snavel de nippel aanraken om te drinken
<i>Pik frequenties</i>	
Zacht verenpikken	Mild pikken naar de veren van soortgenoten. Over het algemeen uitgevoerd in een serie van meerdere pikken (elke pik telt als een gebeurtenis)
Hard verenpikken	Krachtig pikken/trekken/knijpen in de veren van soortgenoten
Hokpikken	Pikken op de wanden van het hok of objecten in het hok
Grondpikken	Pikken naar het strooisel
Agressief pikken	Pikken naar de kop of de kam van soortgenoten
Cloacapikken	Pikken naar de veren of huid rond de cloaca

Dissectie van de hennen

Aan het einde van de opfokperiode werden 4 hennen per hok geselecteerd voor dissectie. De selectie van de kippen voor de dissectie is gemaakt op basis van het lichaamsgewicht. Die hennen, waarvan het lichaamsgewicht het gemiddelde gewicht van het hok het dichtst benaderden, werden geselecteerd voor dissectie. Het doel van de dissectie was om het effect van de voerbehandelingen op de ontwikkeling van de segmenten van het spijsverteringskanaal te bepalen. Het volle en lege gewicht van de krop, kliermaag, spiermaag, dunne darm, dikke darm en blinde darm, evenals de lengte van deze organen, werden gemeten. De dissectie dag werd verdeeld in 3 perioden: 8.30 – 11:00 uur, 11:00 – 13:30 uur en 13:30 – 16:00 uur. Periode werd toegevoegd aan het statistisch model als co-variabele.

Vochtgehalte mest

In de periode van 14 tot 18 weken leeftijd werden wekelijks van elk hok mestmonsters verzameld voor het bepalen van het vochtgehalte van de mest. Gedurende 4 uur werden verse mestmonsters opgevangen in bakjes onder de roosters. De bakjes werden gewogen en direct daarna in een hete luchtoven op 104 °C gedurende 4 uur verhit. Hierna werden de monsters opnieuw gewogen. Het vochtgehalte in het monster was het verschil tussen het begin- en eindgewicht.

Darmgezondheid parameters van de leghennen

Aan het einde van de legperiode werden 72 kippen (2 kippen per hok met een gemiddeld lichaamsgewicht) naar de Gezondheidsdienst voor Dieren in Deventer gebracht voor *Clostridium* analyse, als indicator voor chronische darmontsteking, in de duodenum. Ook werd het pH niveau in de verschillende segmenten van het spijsverteringskanaal vastgesteld.

Statistische analyses

De effecten van de voerbehandelingen op de gemeten eigenschappen werden getoetst door een REML (Restricted Maximum Likelihood) variantie component analyse Genstat (Genstat 8 Comite, 2002). Het volgende model werd gebruikt.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Voer}_i + \text{Week}_j + \text{Voer}_i * \text{Week}_j + \text{Periode}_k + e_{ijk}$$

waarbij Y_{ijk} = afhankelijke variabele; μ = algemeen gemiddelde; Voer_i = fixed effect van voerbehandelingen i ($i = 4$ tijdens de opfokperiode en 6 tijdens de legperiode); Week_j = fixed effect van de week j ($j=1, 2, \dots, 17$ tijdens de opfokperiode en 18, 19 ...40 tijdens de legperiode); Periode_k = fixed effect van de periode van de dag ($k = 3$; van 8.30 - 11.00 uur, 11.00 - 13.30 uur en van 13.00 - 16.00 uur); e_{ijk} = error

De stal- en hok-effecten werden toegevoegd aan de random term van het model. In het geval van gedragsobservaties was het model gecorrigeerd voor het effect van de periode van de dag.

3 Resultaten

3.1 Resultaten tijdens de opfokperiode

3.1.1 Verenkleedschade en pikgedrag tijdens de opfokperiode

Het gemiddelde niveau van verenkleedschade varieerde van 0,19 in de R_0% behandeling tot 0,09 in de R_15%_haver behandeling (tabel 5). Het niveau van verenkleedschade nam lineair af met een toenemend verdunningsniveau van het voer. De verenkleedschade verschilde aan het begin van de opfokperiode echter nog niet tussen de behandelingen (bij 4 en 8 weken leeftijd), maar in de tweede helft van de opfokperiode (week 12 en 16) ontstonden duidelijke verschillen tussen de behandelingen (interactie behandeling x week; $P < 0.001$; zie figuur 1). Hennen die gevoerd werden met het R_7.5% voer lieten een tendens zien ($P = 0,08$) tot een hoger niveau van zacht verenpikken ten opzichte van hennen die gevoerd werden met de R_15% en R_15%_HD voeders, terwijl het niveau van zacht verenpikken van de R_0% gevoerde hennen er tussenin lag. Het niveau van hard verenpikken was relatief laag. Hard verenpikken nam lineair af met de toename van het verdunningsniveau van het voer en varieerde van 0,03 pik/kuiken/10 min. in de R_0% behandeling tot 0 pik/kuiken/10 min. in de R_15% en de R_15%_HD behandelingen. Ook het niveau van agressief pikken nam af van 0,16 pikken/kuiken/10 min. in de R_0% behandeling tot 0,06 pikken/kuiken/10 min. in de R_15%_HD behandeling. De mate van grondpikgedrag werd niet beïnvloed door de behandelingen. De periode van de dag had geen significant effect op het pikgedrag met uitzondering van het grondpikken. De kuikens vertoonden aan het eind van de dag (na 14.00 u) meer grondpikgedrag in vergelijking met de middelste periode van de dag (11.30 – 14.00 u).

Tabel 5 Verenkleedschade score en pikgedrag (pikken per kuiken per 10 min.) per behandeling bij Lohmann Brown kuikens tijdens de opfokperiode

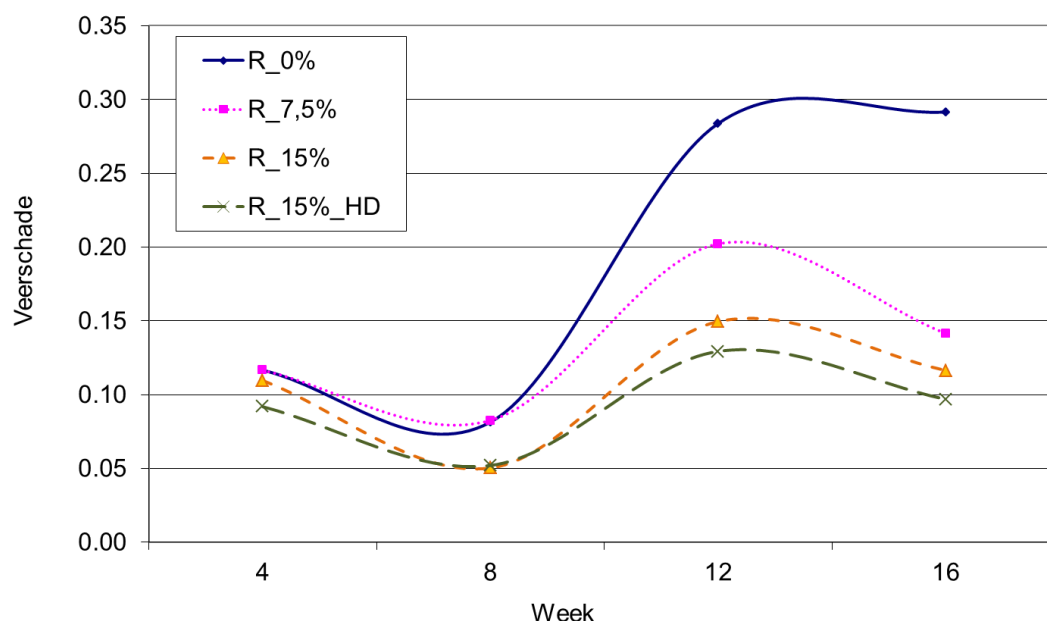
	Gem. Veerschade ²	Zacht verenpikken	Hard verenpikken	Hok pikken	Grond pikken	Agressief pikken
<i>Behandeling¹</i>						
R_0%	0,19 ^a	0,19	0,03 ^a	0,32 ^a	0,40	0,16 ^a
R_7.5%	0,14 ^b	0,21	0,02 ^a	0,28 ^a	0,40	0,11 ^{ab}
R_15%	0,11 ^c	0,17	0,00 ^b	0,23 ^b	0,40	0,09 ^b
R_15%_HD	0,09 ^d	0,16	0,00 ^b	0,20 ^b	0,38	0,06 ^b
SE	0,01	0,02	0,01	0,04	0,07	0,01
<i>P-waarde</i>						
Voer	< 0,001	0,08	< 0,001	0,03	0,98	< 0,001
Week	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Voer * Week	< 0,001	0,001	< 0,001	0,93	1,00	< 0,001
Periode	-	-	0,49	0,33	0,03	0,43

^{a-c} Waarden in een kolom met een verschillend superscript verschillen significant ($P < 0.05$).

¹ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 17 weken gemeten werden.

² De scores van verenkleedschade varieerden van 0 (intact verenkleed) tot 5 (volledig kaal oppervlak).

De ontwikkeling van schade aan het verenkleed tijdens de opfokperiode is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Verloop van verenkleedschade van Lohmann Brown kuikens tijdens de opfokperiode

3.1.2 Algemeen gedrag tijdens de opfokperiode

De tijd die de kuikens besteedden aan voeropname nam toe bij de beide behandelingen met het 15% verdunningsniveau in vergelijking met de R_0% en R_7,5% behandelingen ($P = 0,03$, tabel 6). Kuikens die de 15% verdunde voeders kregen, besteedden gemiddeld 4% meer tijd aan eten, wat overeenkomt met 24 extra eetminuten per dag. De tijd die besteed werd aan rustgedrag nam af in de beide behandelingen met het 15% verdunningsniveau, in vergelijking met de R_0% en R_7,5% behandelingen ($P = 0,03$). Hennen op de 15% verdunde voeders besteedden gemiddeld 5,4% minder tijd aan rust, wat overeenkomt met 32 rustminuten minder per dag. De overige gedragscategorieën vertoonden geen verschillen tussen de behandelingen. Alle gedragingen werden sterk beïnvloed door de leeftijd (week) van de jonge hennen.

Tabel 6 Algemeen gedrag van Lohmann Brown kuikens tijdens de opfokperiode (% van de waarnemingsperiode), bepaald volgens de scan sampling techniek

	Foerageren (%)	Eten (%)	Drinken (%)	Verzorging verenkleed (%)	Lopen (%)	Stof baden (%)	Rusten (%)
<i>Behandeling¹</i>							
R_0%	2,81	24,26 ^b	5,09	14,34	7,49	0,84	45,30 ^a
R_7,5%	3,01	24,92 ^b	5,31	14,81	6,96	0,87	44,19 ^a
R_15%	2,74	28,36 ^a	5,25	15,42	7,91	0,58	39,76 ^b
R_15%_HD	2,17	28,80 ^a	4,60	16,28	7,69	0,50	39,97 ^b
SE	0,38	1,67	0,61	0,87	0,64	0,22	2,04
<i>P-waarde</i>							
Voer	0,41	0,03	0,63	0,18	0,53	0,30	0,03
Week	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
Voer * Week	0,46	0,27	0,12	0,13	0,45	0,34	0,002
Periode	0,61	0,28	0,58	0,31	0,25	0,31	0,20

^{a-c} Waarden in een kolom met een verschillend superscript verschillen significant ($P < 0.05$).

¹ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 17 weken gemeten werden.

3.1.3 Dierprestaties, eetgedrag en strooiselkwaliteit tijdens de opfokperiode

De voeropname steeg met respectievelijk 4,3%, 11,0% en 12,2% in de R_7,5%, R_15% en R_15%_HD voeders ten opzichte van het standaard voer (R_0%) ($P < 0,001$; tabel 7). De effecten van het voer op de voeropname bleken afhankelijk van de leeftijd van de kuikens (voer * week interactie; $P < 0,001$), zoals weergegeven in figuur 2. Tijdens de eerste drie weken van de opfokperiode was de voeropname vergelijkbaar voor alle behandelingen, waarna verschillen tussen de behandelingen aantoonbaar groter werden. De energieopname nam lineair af met een toenemend verdunningsniveau van het voer ($P < 0,001$), wat aangeeft dat de kuikens de verdunningsniveaus van het voer niet volledig compenseren met een hogere voeropname. Het gewichtsverloop van de kuikens verschilde tussen behandelingen wat bleek uit een lager gemiddeld lichaamsgewicht van de kuikens die de verdunde voeders kregen. In het laatste deel van de opfokperiode compenseerden de opfokhennen deze achterstand met een iets hogere groei, wat resulteerde in vergelijkbare lichaamsgewichten per behandeling aan het einde van de opfokperiode (gem. 1521 g in week 16, figuur 3).

Tabel 7 Dierprestaties, eetgedrag en strooiselkwaliteit per behandeling bij Lohmann Brown kuikens tijdens de opfokperiode

Behandeling ¹	Voer opname ¹ (g/hen/d)	Energie opname ¹ kJ/h/d	Gem. gewicht ² (g)	Groei ² (g/d)	Voeder conv. ² (kg/kg)	Energie conv. ² (MJ/kg)	Eet-tijd ^{2,3} (%)	Eet-snelheid ^{2,3} (g/min.)	Vochtgeh. strooisel ⁶ (%)
R_0%	57,07	618,7 ^a	769,6 ^a	13,33	4,381	48,63	27,50 ^c	0,24 ^a	66,96
R_7.5%	59,51	599,4 ^b	759,6 ^{ab}	13,25	4,475	45,91	31,01 ^b	0,22 ^{ab}	67,05
R_15%	63,36	588,7 ^c	756,4 ^b	13,21	4,758	45,20	36,62 ^a	0,20 ^{bc}	65,51
R_15%_HD	64,05	602,9 ^b	747,6 ^b	13,17	4,747	45,81	39,08 ^a	0,18 ^c	58,69
SE	0,425	4,188	5,541	0,176	0,171	1,85	1,532	0,018	0,410
P-waarde									
Voer	< 0,001	< 0,001	0,007	0,815	0,081	0,287	< 0,001	0,002	< 0,001
Week	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,43	< 0,001	< 0,001
Voer * Week	< 0,001	0,694	0,209	0,212	0,742	0,343	0,527	0,991	0,002

^{a-c} Waarden in een kolom met een verschillend superscript verschillen significant ($P < 0,05$).

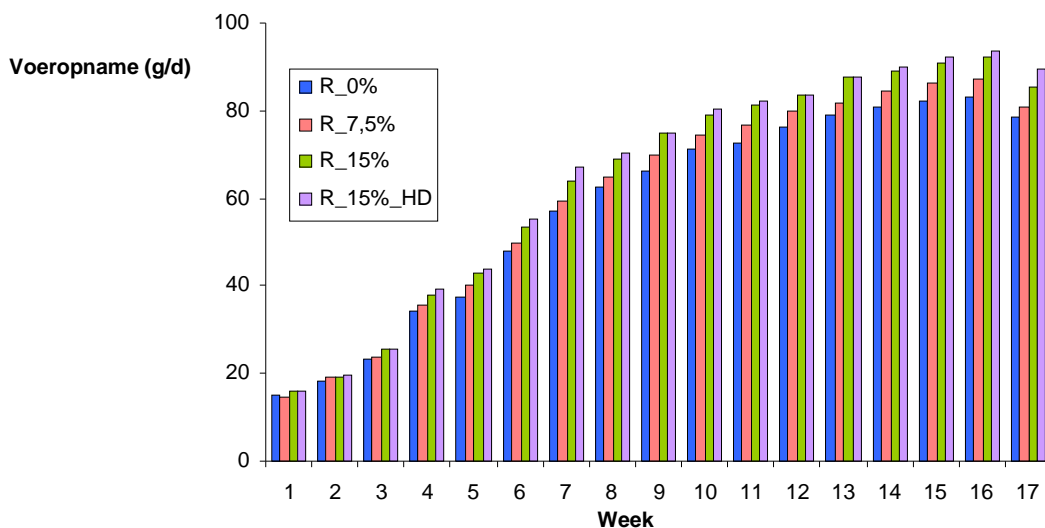
¹ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die wekelijks gedurende een periode van 17 weken gemeten werden.

² Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 17 weken gemeten werden.

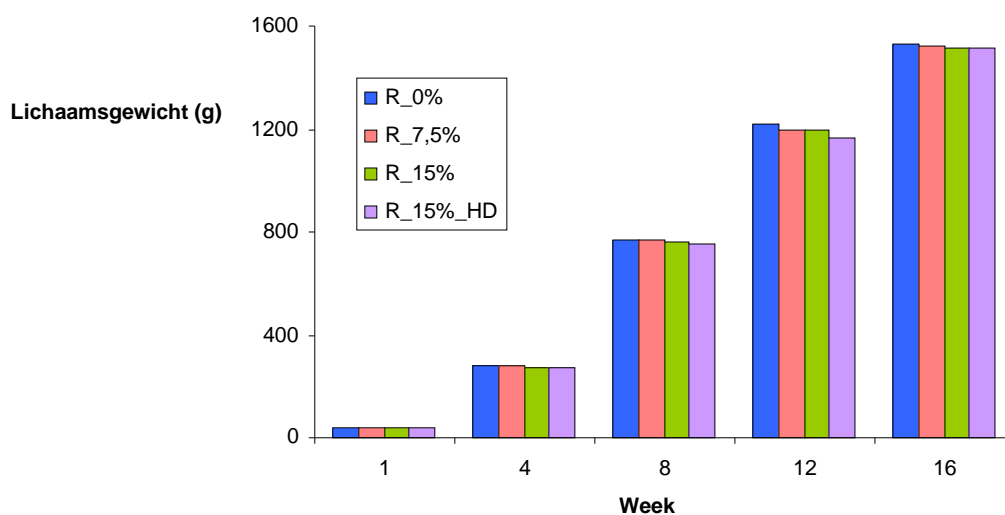
³ Vastgesteld via video observaties.

⁶ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen, gebaseerd op 5 observaties vanaf week 14 tot 18.

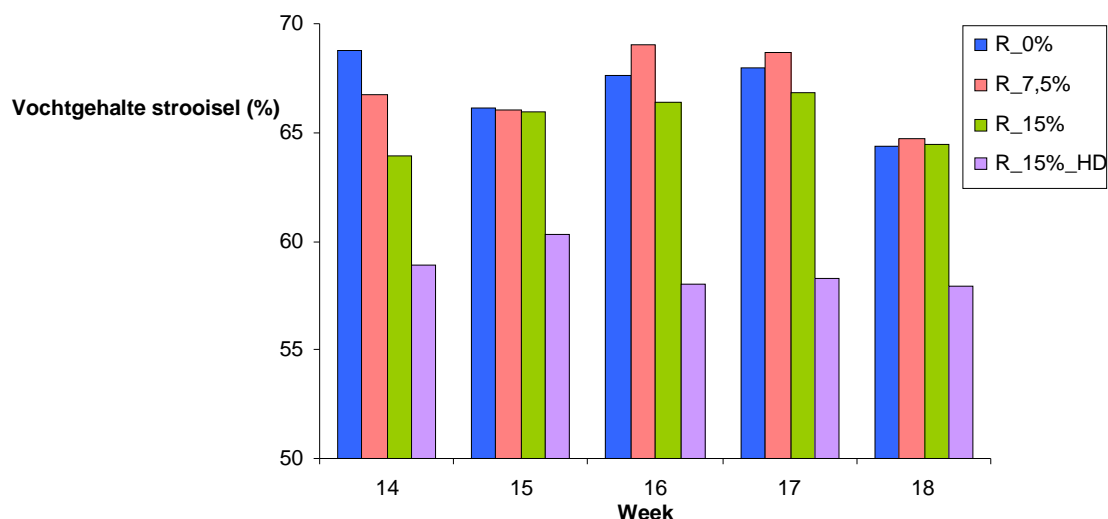
De voederconversie vertoonde een trend ($P = 0,08$) tot evenredige stijging met het toenemen van het verdunningsniveau van het voer. De energieconversie werd echter niet beïnvloed door het verdunningsniveau van het voer. De eettijd werd verlengd met respectievelijk 12,8%, 33,2% en 42,1% bij de hennen die gevoerd werden met R_7,5%, R_15% en R_15%_HD, ten opzichte van hennen die het R_0% voer kregen. Als gevolg daarvan besteedden de kuikens die het R_15%_HD voer kregen gemiddeld ongeveer 70 min./d extra aan eetgedrag, in vergelijking met de R_0% gevoerde hennen. De eetsnelheid nam rechtlijnig af met toenemende verdunningsniveaus van het voer, van 0,24 (R_0%) tot 0,18 (R_15%_HD) g/min. Het vochtgehalte in het strooisel was lager als de kuikens R_15% en R_15%_HD kregen, in vergelijking met de R_0% en R_7.5% gevoerde hennen ($P < 0,001$). Het vochtgehalte in het strooisel werd echter beïnvloed door een behandeling * week interactie. De ontwikkeling van het vochtgehalte in het strooisel per behandeling per week is weergegeven in figuur 4. In week 14 daalde het vochtgehalte in het strooisel naarmate het verdunningsniveau van het voer steeg, terwijl in de resterende weken alleen het strooisel van de R_15%_HD gevoerde kuikens minder vocht bevatte. Voeropname, energieopname, groei, voederconversie, energieconversie, eetsnelheid en vochtgehalte van het strooisel werden sterk beïnvloed door leeftijd (week) van de jonge hennen ($P < 0,001$).



Figuur 2 Verloop van voeropname (g/d) per behandeling van Lohmann Brown kuikens tijdens de opfokperiode



Figuur 3 Verloop van lichaamsgewicht per behandeling (g) van Lohmann Brown kuikens tijdens de opfokperiode



Figuur 4 Verloop van vochtgehalte in strooisel (%) per behandeling per week

3.1.4 Ontwikkeling van het maag-darmkanaal einde opfokperiode

Het relatieve gewicht van de lege krop was aantoonbaar hoger als de kuikens gevoerd werden met R_15% of R_15%_HD voeders ten opzichte van de R_0% of R_7,5% voeders (gemiddeld 4,5 versus 3,7 g/kg) (Tabel 8a). De lengte van de krop en de inhoud ervan verschilde niet tussen de behandelingen. Het relatieve gewicht van de kliermaaginhoud was duidelijk lager als de kuikens gevoerd werden met R_15% of R_15%_HD voeders, in vergelijking met de R_0% of R_7,5% voeders (gemiddeld 0,16 versus 0,31 g/kg). Het relatieve gewicht van de lege kliermaag en de lengte ervan werden niet beïnvloed door de behandelingen. De spiermaaginhoud was aanzienlijk verhoogd als de hennen gevoerd werden met R_15% of R_15%_HD voeders, ten opzichte van de R_0% of R_7,5% voeders. Echter, het verstrekken van het R_15%_HD voer deed de spiermaaginhoud verder toenemen in vergelijking met de R_15% behandeling (14,4 versus 10,8 g/kg). Ook het relatieve gewicht van de lege spiermaag was aanzienlijk verhoogd als de kuikens de R_15% of R_15%_HD voeders kregen, in vergelijking met de R_0% of R_7,5% voeders. Het verstrekken van het R_15%_HD voer leidde echter wel tot een verdere toename van het lege spiermaaggewicht, in vergelijking met de R_15% behandeling (30,8 versus 20,9 g/kg). De relatieve spiermaaglengte nam toe als de kuikens de R_15% of R_15%_HD voeders kregen ten opzichte van de R_0% of R_7,5% voeders (gemiddeld 3,761 versus 3,51 cm). De inhoud van de dunne darm van de kuikens die het R_15% voer kregen was hoger in vergelijking met de andere behandelingen (gemiddeld 12,3 versus 8,3 g/kg) (tabel 8b). Het relatieve gewicht van de dunne darm was lager bij de R_15%_HD gevoerde kuikens, in vergelijking met de kuikens die de andere voeders kregen (22,8 versus 24,9 g/kg). Het verstrekken van verdund voer neigde ($P = 0,06$) naar een hogere inhoud van de dikke darm, in vergelijking met de R_0% behandeling (1,9 versus 1,4 g/kg). Het tijdstip van de dag had een aantoonbaar effect op de inhoud van de kliermaag en op het relatieve gewicht van de lege maag en lege dikke darm.

Tabel 8a Relatieve gewichten (g/kg lichaamsgewicht) van het lege gewicht, de inhoud en de lengte van respectievelijk de krop, kliermaag en spiermaag per behandeling van Lohmann Brown kuikens op 17 weken leeftijd

	Krop inhoud	Krop leeg	Krop lengte	Klier- maag inhoud	Klier- maag leeg	Klier- maag lengte	Spier- maag inhoud	Spier- maag leeg	Spier- maag lengte
<i>Behandeling</i> ¹									
R_0%	5,36	3,55 ^b	2,71	0,26 ^{ab}	4,37	2,67	7,68 ^c	18,94 ^c	3,52 ^b
R_7,5%	4,80	3,76 ^b	2,68	0,35 ^a	4,15	2,53	8,78 ^c	19,69 ^c	3,50 ^b
R_15%	8,19	4,73 ^a	3,00	0,16 ^b	4,02	2,60	10,81 ^b	20,89 ^b	3,69 ^a
R_15%_HD	6,46	4,34 ^a	2,87	0,15 ^b	4,15	2,70	14,43 ^a	30,82 ^a	3,83 ^a
SE	2,31	0,42	0,15	0,05	0,24	0,13	0,90	0,59	0,09
P-waarde									
Voer	0,50	0,05	0,17	0,003	0,54	0,62	<0,001	<0,001	0,01
Periode	0,39	0,99	0,60	0,013	0,95	0,76	0,23	0,00	0,26

Tabel 8b Relatieve gewichten (g/kg lichaamsgewicht) van het lege gewicht, de inhoud, en de lengte van respectievelijk de dunne darm, de dikke darm en de blinde darmen per behandeling van Lohmann Brown kuikens op 17 weken leeftijd

	Dunne darm inhoud	Dunne darm leeg	Dunne darm lengte	Dikke darm inhoud	Dikke darm leeg	Dikke darm lengte	Blinde darmen inhoud	Blinde darmen leeg	Blinde darmen lengte
<i>Behandeling</i> ¹									
R_0%	8,01 ^b	25,34 ^a	77,73	1,40 ^b	2,61	5,64 ^a	2,88	4,54	8,93
R_7,5%	9,26 ^b	25,11 ^a	79,49	1,83 ^a	2,57	5,96 ^a	3,30	4,58	9,26
R_15%	12,32 ^a	24,32 ^a	76,93	2,12 ^a	2,78	5,76 ^a	2,65	4,38	8,86
R_15%_HD	7,48 ^b	22,84 ^b	77,62	1,83 ^a	2,40	5,54 ^a	3,26	4,46	9,18
SE	0,98	0,83	2,78	0,24	0,15	0,28	0,40	0,20	0,24
P-waarde									
Voer	<0,001	0,04	0,83	0,06	0,12	0,51	0,35	0,73	0,31
Periode	0,85	0,88	0,66	0,09	0,03	0,13	0,44	0,18	0,67

^{a-c} Waarden in een kolom met een verschillend superscript verschillen significant ($P < 0.05$).

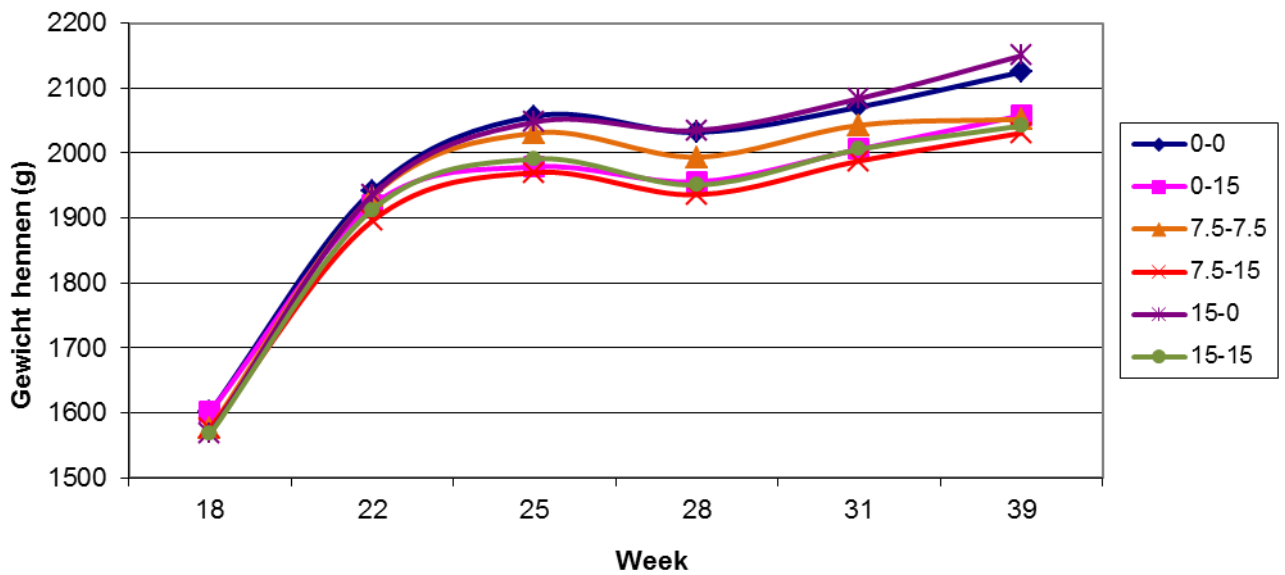
¹ Elke waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen, die elk gebaseerd zijn op 4 dieren per hok van 17 weken oud.

3.2 Resultaten van de legperiode

3.2.1 Gedrag tijdens de legperiode

De voeropname tijdens de legperiode nam toe naarmate het verdunningsniveau van het voer steeg. Onafhankelijk van het verdunningsniveau van de opfokperiode, lag de voeropname van hennen in de legperiode werden met het 15% verdunde voer hoger (126,4 versus 117,7 g/d) in vergelijking met de hennen die de andere verdunningsniveaus kregen. De voeropname van de hennen die tijdens de opfokperiode gevoerd werden met het R_15% voer, gevolgd door onverdund voer tijdens de legperiode was hoger ten opzichte van hennen die onverdund voer kregen tijdens zowel de opfok- als legperiode (117,5 versus 114,9 g/d). De energieopname tijdens de legperiode daalde naarmate het verdunningsniveau van het voer toenam ($P = 0,001$), wat aangeeft dat de hennen niet in staat waren om volledig voor de verdunningsniveaus te compenseren door een hogere voeropname. Hennen die verdund voer kregen hadden een lager gemiddeld lichaamsgewicht in vergelijking met hennen die het onverdunde legvoer kregen 1918 versus 1971 g/hen). Het gewicht van de hennen die tijdens de opfokperiode het R_7,5% voer kregen, gevolgd door een 15% verdund legvoer was lager in vergelijking met de hennen die de 7,5% verdunde voeders zowel tijdens de opfok- als de legperiode kregen (1900 versus 1938 g/hen). Het gewicht werd beïnvloed door een behandeling * week interactie. Op 17 weken waren de hennen naar gewicht ingedeeld. Vervolgens het gewicht van de hennen tot 22 weken leeftijd gelijk voor alle behandelingen, maar vanaf 25 weken leeftijd ontstonden er aantoonbare verschillen in

lichaamsgewichten tussen de behandelingen (figuur 5). In week 39 was het gewicht van de 7,5% - 7,5% gevoerde hennen aantoonbaar lager ten opzichte van de hennen die altijd onverdunde voeders kregen, terwijl de lichaamsgewichten van deze behandelingen in de vorige weken niet verschilden. Het legpercentage werd niet aantoonbaar beïnvloed door de voerbehandelingen. Het ei-gewicht van de hennen die gevoerd werden met het R_15% opfokvoer, gevold door onverdund legvoer was hoger in vergelijking met alle andere behandelingen. Het ei-gewicht van hennen die altijd onverdund voer kregen was hoger in vergelijking met hennen die 15% verdund legvoer kregen. De eimassa van de 15% - 0% gevoerde hennen was hoger in vergelijking met alle andere behandelingen ($P = 0,003$). De voederconversie nam toe naarmate het verdunningsniveau van het legvoer steeg. De energieconversie van de hennen die het 15% verdunde legvoer kregen was echter lager ten opzichte van hennen die onverdund legvoer kregen, terwijl de energieconversie van de 7,5% - 7,5% behandeling tussen beide niveaus in lag. Er was geen aantoonbaar effect van de behandelingen op het vochtgehalte van het strooisel, hoewel het vochtgehalte van het strooisel numeriek toe nam naarmate het verdunningsniveau van het legvoer steeg.



Figuur 5 Verloop van lichaamsgewicht (g) van de hennen tijdens de legperiode per behandeling

Tabel 9 Dierprestaties per behandeling tijdens de legperiode van Lohmann Brown leghennen in de leeftijd van 21 tot 39 weken

Parameter		Voer opname (g/d) ¹	Energie opname (MJ/d) ¹	Hen gewicht (g) ²	Leg perc. (%) ¹	Ei gewicht (g) ¹	Ei massa (g/d) ¹	Voeder conversie (kg/kg) ¹	Energie conversie (MJ/kg) ¹	Vochtgeh. strooisel (%) ¹
Behandeling										
Verdunning Opfok	Verdunning Legperiode									
0%	0%	114,9 ^d	1356 ^a	1972 ^a	93,1	58,47 ^b	54,15 ^b	2,08 ^c	24,49 ^a	29,95
0%	15%	126,1 ^a	1261 ^c	1920 ^{bc}	92,2	57,23 ^c	53,45 ^b	2,33 ^a	23,29 ^b	34,75
7,5%	7,5%	120,8 ^b	1316 ^b	1938 ^b	91,9	58,03 ^{bc}	53,87 ^b	2,20 ^b	23,94 ^{ab}	30,39
7,5%	15%	125,8 ^a	1258 ^c	1900 ^c	91,8	57,29 ^c	53,26 ^b	2,32 ^a	23,21 ^b	32,60
15%	0%	117,5 ^c	1386 ^a	1970 ^a	91,5	59,29 ^a	55,86 ^a	2,05 ^c	24,23 ^a	31,27
15%	15%	127,4 ^a	1274 ^c	1912 ^{bc}	91,5	57,34 ^c	53,15 ^b	2,34 ^a	23,36 ^b	38,55
SE		1,2	13,10	15,5	1,13	0,43	0,54	0,035	0,37	4,58
<i>P</i> -waarden										
Voer		<0,001	<0,001	0,008	0,804	0,002	0,003	<0,001	0,003	0,612
Week		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Voer x Week		0,803	0,952	0,014	0,999	0,459	0,990	0,862	0,953	1,000

^{a-c} Waarden in een kolom met een verschillend superscript verschillen significant ($P < 0.05$).

¹ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die wekelijks gedurende een periode van 19 weken gemeten werden.

² Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 19 weken gemeten werden.

3.2.2 Pikgedrag tijdens de legperiode

Er was geen effect van voerbehandeling op het pikgedrag tijdens de legperiode (tabel 10). De frequenties van hard verenpikken tijdens het experiment waren laag, wat aangeeft dat verenpikgedrag niet duidelijk tot uiting kwam tijdens deze studie.

Tabel 10 Pikgedrag (aantal pikken/hen/10 min.) per behandeling bij Lohmann Brown leghennen in de leeftijd van 21 tot 39 weken

Type gedrag ¹		Agressief Pikken	Zacht verenpikken	Hard verenpikken	Hok pikken	Grond pikken
Behandeling						
Verdunning Opfok	Verdunning Leg					
0%	0%	0,12	0,35	0,07	0,52	0,82
0%	15%	0,19	0,39	0,09	0,50	0,72
7,5%	7,5%	0,12	0,28	0,05	0,48	0,77
7,5%	15%	0,10	0,31	0,07	0,49	0,65
15%	0%	0,13	0,30	0,06	0,47	0,80
15%	15%	0,12	0,38	0,10	0,48	0,71
SE		0,033	0,040	0,03	0,078	0,105
<i>P</i> -waarde						
Voer		0,323	0,150	0,762	0,994	0,796
Week		<0,001	<0,001	0,196	0,006	<0,001
Voer x Week		0,954	0,092	0,755	0,874	0,848
Periode		0,022	0,123	0,156	0,079	0,005

¹Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 19 weken gemeten werden.

3.2.3 Verenkleedschade legperiode

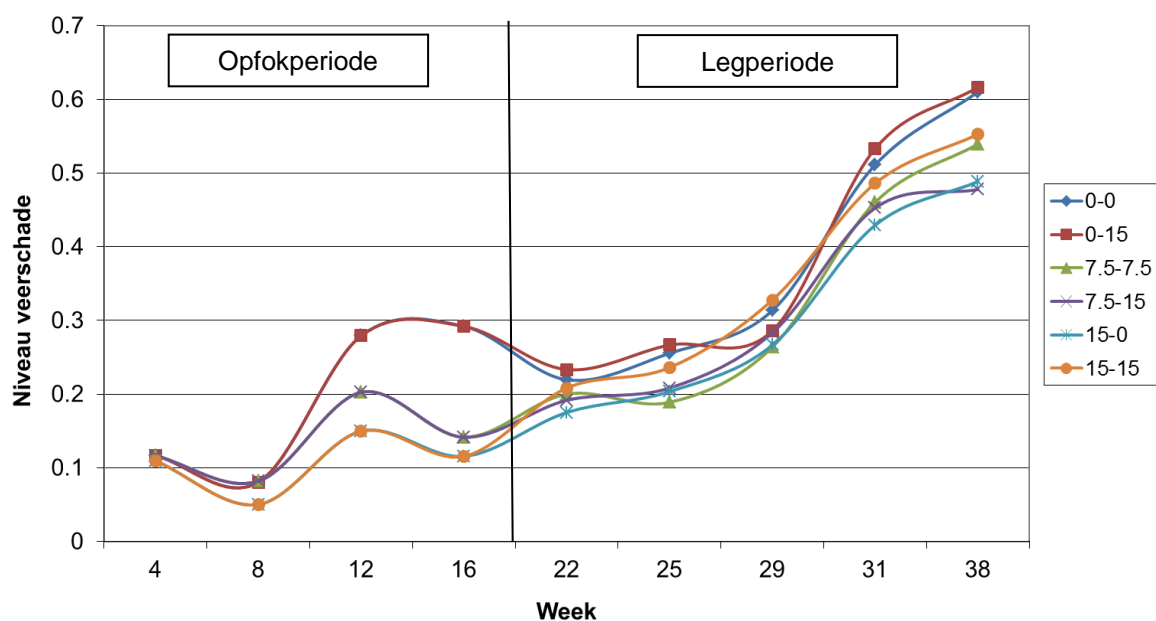
Een lichte mate van verenkleedschade kwam voor op de rug, vleugels en rond de staart van de hennen, terwijl het verenkleed op de buik en romp tijdens de looptijd van het experiment nog volledig intact waren (tabel 11). De voerbehandelingen hadden geen effect op de gemiddelde verenkleedschade of op de verenkleedschade per specifiek lichaamsdeel. Het niveau van de verenkleedschade was over het algemeen laag, wat aangeeft dat het verenpikgedrag in dit koppel niet duidelijk tot uiting kwam. Tijdens de eerste weken van de legperiode kwam verenkleedschade niet voor. Vanaf week 31 trad er een lichte stijging in de mate van verenkleedschade op (figuur 6).

Tabel 11 Gemiddelde verenkleedschade en verenkleedschade per lichaamsdeel per behandeling bij Lohmann Brown leghennen in de leeftijd van 21 tot 39 weken

Verenkleedschade ¹		Gemiddelde veerschade score ²	Rug veer score	Buik veer score	Nek veer score	Vleugel veer score	Staart veer score	Romp Veer score
Behandeling								
Verdunning Opfok	Verdunning Leg							
0%	0%	0,38	0,20	0,00	0,04	0,88	0,98	0,00
0%	15%	0,39	0,14	0,00	0,07	0,90	1,00	0,00
7,5%	7,5%	0,33	0,02	0,00	0,03	0,78	0,96	0,00
7,5%	15%	0,32	0,00	0,00	0,00	0,83	0,90	0,00
15%	0%	0,31	0,04	0,00	0,00	0,75	0,90	0,00
15%	15%	0,36	0,19	0,00	0,13	0,75	0,85	0,00
SE		0,069	0,075	0,003	0,05	0,05	0,067	0,001
<i>P</i> -waarde								
Voer		0,817	0,309	0,517	0,387	0,129	0,546	0,435
Week		<0,001	0,494	0,527	< 0,001	<0,001	<0,001	0,410
Voer x Week		0,546	0,684	0,422	< 0,001	0,795	0,864	0,467

¹ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 19 weken gemeten werden.

² De score van de gemiddelde verenkleedschade is berekend als het gemiddelde van de scores van de lichaamsdelen rug, buik, vleugels, staart en romp.



Figuur 6 Verloop van verenkleedschade per behandeling van 4 tot 39 weken leeftijd.

3.2.4 Algemeen gedrag tijdens de legperiode

De eettijd duurde langer ($P < 0,001$) naarmate het verdunningsniveau van het voer toenam (tabel 12) en bedroeg respectievelijk 24,2%, 31,6% en 34,9% voor de hennen die 0%, 7,5% en 15% verdund legvoer kregen. De tijd die hennen besteedden aan het foerageren vertoonde een stijgende trend ($P = 0,06$) bij hennen die 0% verdund voer kregen (13,1%) in vergelijking met hennen die de 7,5% - 15% combinatie kregen (9,8%) terwijl de foerageertijd van de andere behandeling tussen deze niveaus in lag. De rusttijd toonde een trend ($P = 0,058$) naar lagere niveaus bij toenemende verdunningsniveaus van het voer. De gedragingen drinken, verzorging verenkleed, lopen en stofbaden werden niet beïnvloed door de voerbehandelingen.

Tabel 12 Algemeen gedrag (% of observation period) van Lohmann Brown leghennen in de leeftijd van 21 tot 39 weken, vastgesteld volgens de scan sampling techniek

Type gedrag		Foera- geren (%)	Eten (%)	Drinken (%)	Verzorging verenkleed (%)	Lopen (%)	Stof baden (%)	Rusten (%)
Behandeling								
Verdunning Opfok	Verdunnin g Leg							
0%	0%	13,1 ^a	24,1 ^d	7,2	12,9	8,0	6,0	26,9 ^a
0%	15%	10,1 ^{bc}	35,3 ^{ab}	7,9	13,0	7,1	3,7	21,3 ^b
7,5%	7,5%	11,4 ^{abc}	31,6 ^b	8,5	13,7	8,3	2,1	23,6 ^{ab}
7,5%	15%	9,8 ^c	36,4 ^a	8,1	13,2	7,2	0,9	24,6 ^{ab}
15%	0%	11,9 ^{ab}	25,2 ^{cd}	8,4	17,4	7,4	1,9	26,0 ^a
15%	15%	10,8 ^{abc}	32,9 ^{ab}	8,4	13,4	6,6	4,8	21,3 ^b
SE		1,00	1,92	0,82	1,30	1,25	1,35	2,09
<i>P</i> -value								
Diet		0,060	<0,001	0,893	0,092	0,835	0,164	0,058
Week		<0,001	0,025	<0,001	0,090	<0,001	0,251	0,232
Diet x Week		0,133	0,213	0,244	0,656	0,381	0,064	0,212
Periode		<0,001	0,018	0,128	0,001	0,712	0,088	n.b.

^{a-c} Waarden in een kolom met een verschillend superscript verschillen significant ($P < 0.05$).

¹ Elke individuele waarde is het gemiddelde van 6 herhalingen die met een interval van 4 weken gedurende een periode van 19 weken gemeten werden.

3.2.5 Ontwikkeling van het maag-darmkanaal op 39 weken leeftijd

De pH-waarden per segment van het maag-darmkanaal zijn weergegeven in tabel 13. De voerbehandelingen hadden geen effect op de pH-waarden per segment, hoewel er een tendens tot verschillen tussen behandelingen waren voor de kliermaag ($P = 0,12$) en het ileum ($P = 0,11$). Ook was er geen effect van voerbehandelingen op het aantal *Clostridium enteritis* bacteriën en op de scoreniveaus voor darmontsteking. In geen enkele onderzochte hen kon chronische darmontsteking geconstateerd worden.

Tabel 13 pH in de krop, kliermaag, spiermaag, duodenum, jejunum, ileum, dikke darm en blinde darmen, evenals de scores voor *Clostridium Enteritis* and darmontstekingen bij Lohmann Brown leghennen in de leeftijd van 39 weken

Kenmerk ¹	pH krop	pH klier- maag	pH spier- maag	pH duodenum	pH Jejunum	pH Ileum	pH dikke darm	pH blinde darmen	<i>Clostridium</i> in duodenum ²	Darm ontstekings score ³
Behandeling										
Verdunning Opfok	Verdunning Leg									
0%	0%	4,1	3,6	3,1	4,8	5,9	6,5	6,9	0,25	1,17
0%	15%	4,0	3,3	3,2	5,4	6,1	6,5	7,0	0,17	0,92
7,5%	7,5%	4,7	3,6	3,2	4,8	5,8	6,5	6,9	0,67	1,00
7,5%	15%	4,2	3,5	3,1	4,8	5,7	6,4	6,9	0,33	1,08
15%	0%	4,7	4,0	3,6	5,3	6,0	6,6	7,1	0,33	1,17
15%	15%	4,6	3,3	3,3	5,0	6,0	6,5	6,8	0,33	1,25
SE		0,45	0,20	0,22	0,28	0,17	0,15	0,18	0,11	0,22
Periode		0,48	0,12	0,51	0,11	0,27	0,92	0,68	0,80	0,92

¹ Elke waarde is gebaseerd op het gemiddelde van 6 herhalingen (hokken) van 2 ingestuurde hennen per hok.

² Scores waren: 0 (geen bacteriën vastgesteld), 1 (enige bacteriën vastgesteld), 2 (meerdere bacteriën vastgesteld). Score 3 (vele bacteriën vastgesteld) kwam niet voor.

³ Scores were 0 (geen ontsteking), 1 (milde ontsteking), en 2 (ontsteking). Score 3 (milde chronische ontsteking) en 4 (chronische ontsteking) kwamen niet voor.

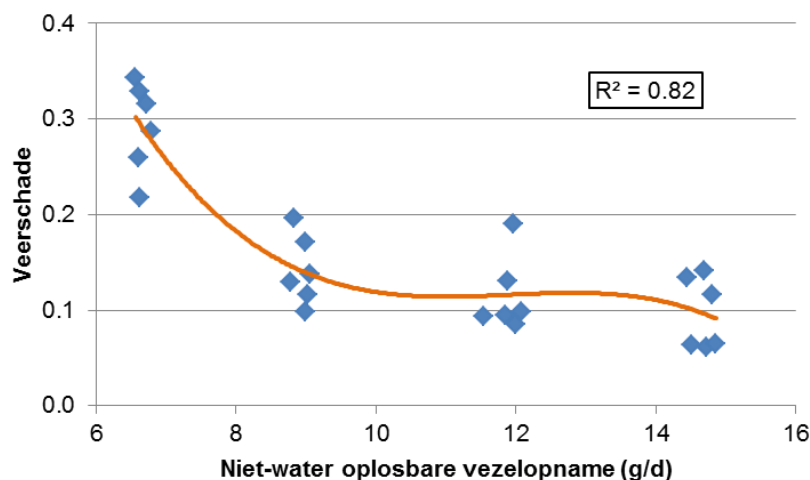
4 Discussie

Deze studie is uitgevoerd om de effecten van voerverdunning op verenpikgedrag te onderzoeken. Hiervoor zijn de ontwikkelingen van verenkleedschade, het gedrag en gewichten en inhoud van het spijsverteringskanaal bestudeerd als verklarende variabelen. Randvoorwaarde was dat het verdunde voer niet mocht leiden tot een verhoogd vochtgehalte in de mest.

4.1 Verenpikgedrag tijdens de opfokperiode

Uit dit experiment bleek dat het verstrekken van verdund voer in vergelijking met niet verdund voer aantoonbare verbeteringen opleverde met betrekking tot verenpikgedrag en de kwaliteit van het verenkleed tijdens de opfokperiode. Voer had een sterke invloed op de ontwikkeling van verenkleedschade, wat bleek uit verhoogde niveaus van verenschade bij hennen op R_0% ten opzichte van R_7,5%, R_15% en R_15%_HD voeders. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de bevindingen van Elwinger (1981), die een aanzienlijk verbeterde conditie van het verenkleed vond bij hennen die gevoerd werden met een 12% verdund voer (van 2920 naar 2560 kcal/kg). Ook de resultaten van het experiment van Van der Lee et al. (2001) zijn in lijn met onze bevindingen. In de literatuur wordt aangegeven dat verdunning van het voer, door het toevoegen van onoplosbare vezels, ook kan resulteren in minder sterfte als gevolg van kannibalisme tijdens zowel de opfokperiode (13,2 versus 3,9%) als het begin van de legperiode (28,9 versus 14,3%) (Hartini et al., 2002). Verondersteld wordt dat een verlenging van de eettijd en de hoeveelheid tijd besteed aan voergericht gedrag als gevolg van het verdunnen van het voer kunnen compenseren voor omgericht bodempikgedrag, waardoor minder verenkleedschade zou optreden (Van Krimpen et al., 2005). Echter, in tegenstelling hiermee vonden Van Krimpen et al. (2008) in een andere studie geen aantoonbaar effect van de voerverdunning op verenpikgedrag en kwaliteit van het verenkleed van leghennen. Mogelijk kon dit toegeschreven worden aan het gebruik van hennen in hun experiment, die al verenpikgedrag ontwikkelden voordat de verdunde voeders verstrekt werden. Deze bevindingen onderstrepen het belang van het zo vroeg mogelijk in het leven van het kuiken verstrekken van verdund voer.

In onze studie was er tot een leeftijd van 8 weken een minimale ontwikkeling van verenkleedschade. Vanaf 9 weken leeftijd steeg het niveau van verenkleedschade geleidelijk, hoewel de absolute niveaus relatief laag bleven. De frequentie van zacht en hard verenpikken, hokpikken en agressief pikken nam vanaf dat moment sneller toe bij hennen die gevoerd werden met het R_0% voer, in vergelijking met de hennen die de verdunde voeders kregen. Als gevolg hiervan was het niveau van verenkleedschade bij de R_0% gevoerde hennen hoger dan van de andere behandelingen. Het niveau van de verenkleedschade lijkt verband te houden met de hoeveelheid niet-water oplosbare vezels die de hennen per dag opnemen. De relatie tussen vezelopname en niveau van verenkleedschade kan met een derdemacht polynoom gemodelleerd worden ($R^2 = 0,82$) (Figuur 7). Het niveau van de verenkleedschade nam aanzienlijk toe bij jonge hennen die minder dan 9 g niet-water oplosbare vezels per dag opnamen.



Figuur 7 Relatie tussen niet-water oplosbare vezelopname (g/d) en verenkleedschade bij 16-weeken oude opfokhennen.

4.2 Algemeen gedrag tijdens de opfokperiode

Meer voergerelateerd gedrag werd waargenomen bij opfokhennen die gevoerd werden met het R_15%_HD voer ten opzichte van het R_0% voer (28,8 versus 24,3%). Foerageergedrag, stofbaden en grondkrabben kwamen alleen voor tijdens de periode dat het strooisel beschikbaar was in de hokken. In dit experiment werd het strooisel echter na 5 weken verwijderd, waarna deze gedragingen vrijwel tot nul gereduceerd werden. Opfokhennen die verdund voer kregen vertoonden numeriek, maar niet significant, meer loop- en poetsgedrag ten opzichte van de hennen die het onverdunde voer kregen. Deze gedragsverschuivingen lijken erop te wijzen dat hennen die verdunde voeders krijgen actiever zijn dan hennen die onverdund voer krijgen. Deze bevindingen zijn in overeenstemming met de resultaten van eerder onderzoek uitgevoerd door Van Krimpen et al. (2009). Zij melden meer voergericht gedrag bij jonge hennen die NSP-verdund voer kregen, terwijl er geen wezenlijke verschillen werden waargenomen in het poets- en loopgedrag tijdens de opfokperiode. In dat onderzoek bleek dat poetsgedrag omgekeerd evenredig was met zacht verenpikgedrag. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de bevindingen van Van Hierden et al. (2002). Zij melden eveneens een omgekeerde relatie tussen poetsen en zacht verenpikken bij kuikenlijnen met een lage en hoge aanleg voor verenpikken. De bevindingen van deze studie bevestigen de veronderstelling van Van Krimpen et al. (2005) dat verenpikgedrag afneemt door het toepassen van voerfactoren die zorgen voor verlenging van het voergericht gedrag. In dit experiment resulteerde het verstrekken van R_15% en R_15%_HD voer in een duidelijke verlenging van het voergerichte gedrag in vergelijking met het R_0% voer. Een verlenging van het voergericht gedrag is in overeenstemming met het natuurlijk gedragspatroon van hennen. Volgens Dawkins (1989) besteden hennen in hun natuurlijke omgeving ongeveer 60% van hun tijd aan eet- en foerageergedrag. Dit niveau werd zelfs met het R_15%_HD niet behaald. In de huidige studie was er echter na week 5 geen foerageermateriaal meer beschikbaar, terwijl het voer in een voerbak werd verstrekt, zodat de hennen niet aangemoedigd werden om te foerageren.

4.3 Dierprestaties tijdens de opfokperiode

In dit experiment nam de voeropname toe met respectievelijk 4,3%, 10,8% en 12,6% bij het R_7,5%, R_15% en het R_15%_HD voer. Vergelijkbare resultaten werden gevonden door Van Krimpen et al. (2009). De auteurs vonden 8,3% en 13,1% hogere voeropname bij opfokhennen die 10% en 15% verdunde voeders kregen. Deze stijging in voeropname toont aan dat opfokhennen in zekere mate kunnen variëren in voeropname om toch hun behoefte aan voedingsstoffen te kunnen dekken. In een andere studie vonden Van Krimpen et al. (2007) 8% stijging in voeropname bij leghennen die 10% verdund NSP-rijk voer kregen. De stijging in voeropname bij het verstrekken van verdund voer is toe te schrijven aan de lagere voedingswaarde van het voer en/of de hogere passagesnelheid van de spijsbrij door het totale spijsverteringskanaal als gevolg van met name het gebruik van haverdoppen (Hetland en Svihus, 2001). Ook de bevindingen van Newcombe en Summer (1985) zijn in overeenstemming met de resultaten van de huidige studie. Zij vonden een 40% hogere voeropname bij leghennen die voer kregen waaraan 30% cellulose was toegevoegd. Blijkbaar nemen hennen die verdund voer krijgen meer voer op om toch te kunnen voldoen aan hun nutriëntenbehoefte (Rogel et al., 1987). Dit verklaart de (vrijwel) evenredige toename van de voeropname naarmate het verdunningsniveau van het voer toeneemt. Ook de bevindingen van Savory (1980) zijn in lijn met onze resultaten. Hij vond 40% meer voeropname bij Japanse kwartels die 40% verdund voer kregen door toevoeging van cellulose. Vergelijkbare resultaten werden gemeld door De Bruin (2009). De auteur vond in vergelijking met de controlegroep een stijging van 12% in voeropname bij opfokhennen die 15% verdund voer (10% zand, 5% haverdoppen) kregen.

In deze studie was er een negatief verband tussen het verdunningsniveau en het gemiddelde lichaamsgewicht. Deze resultaten zijn in lijn met eerdere bevindingen van Van Krimpen et al. (2009), die ook vonden dat het lichaamsgewicht van opfokhennen die 10% en 15% verdund vezelrijk voer kregen, achterbleef ten opzichte van opfokhennen die 0% verdund voer kregen. Ook de resultaten van een aantal andere studies (Savory en Gentle, 1976; Newcombe en Summers, 1985) zijn in overeenstemming met onze resultaten. Een mogelijke verklaring kan zijn dat de hennen niet volledig compenseerden voor de mate van verdunning van het voer, waardoor de energieopname daalde

naarmate het verdunningsniveau steeg. Als gevolg daarvan bleven de kuikens op het verdunde voer op 12 weken leeftijd duidelijk achter in gewichtsonwikkeling. Aan het einde van de opfokperiode werden er echter geen verschillen in lichaamsgewicht tussen de behandelingen waargenomen. Een mogelijke verklaring hiervoor is de langere verblijfstijd van vezelrijk voer in de krop/klier-/spiermaag, waardoor de mate van verzadiging toeneemt en de voeropname geremd wordt.

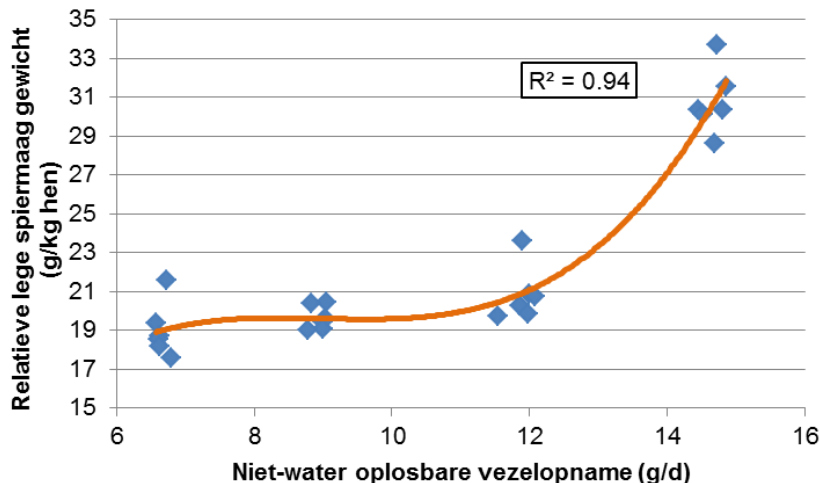
Zoals verwacht steeg als gevolg van de voerverdunning de tijd die aan eten werd besteed. De gemiddelde eettijd ging omhoog met respectievelijk 12,8%, 33,2% en 42,1% bij de hennen die R_7,5%, R_15% en R_15%_HD voer kregen, in vergelijking met hennen die het R_0% voer kregen. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen van Van Krimpen et al. (2008, 2009). Zij vonden een stijging van de eettijd met 22% bij leghennen die een 10% verdund NSP-rijk voer kregen. Savory (1980) vond een verlenging van de eettijd met 61,5% bij Japanse kwartels die 40% cellulose-verdund kregen. Vergelijkbare resultaten werden gerapporteerd door Hetland et al. (2004a) die een verlenging van de eettijd constateerden bij hennen die verdund voer met een hoog gehalte aan niet-water oplosbare vezels kregen in vergelijking met hennen die een vezelarm voer kregen. Dit was het gevolg van een langere maaltijdduur en een korter interval tussen de maaltijden. Hennen die verdund voer krijgen lijken meer op te nemen om aan hun energiebehoefte te voldoen. De extra voeropname gaat gepaard met een verlenging van de eettijd.

In tegenstelling tot onze verwachtingen nam de eetsnelheid af als de kuikens verdund voer kregen. Ook in eerdere studies van Van Krimpen et al. (2008, 2009) nam de eetsnelheid af als opfokhennen of leghennen verdund NSP-rijk voer kregen. Verwacht werd dat de opfokhennen die het verdunde voer kregen de noodzakelijke hogere voeropname en de daarmee gepaard gaande verlengde eettijd zouden compenseren met een hogere eetsnelheid. Vezels blijken zich op te hopen in de krop en spiermaag (Hetland et al., 2003), omdat ze eerst tot de juiste afmetingen verkleind moeten worden voordat ze de spiermaag kunnen verlaten (Moore, 1999). Mogelijk zorgen een vollere krop en spiermaag voor een vertraagde voeropnamesnelheid.

Vastgesteld kan worden dat verstrekking van verdund vezelrijk voer tijdens de opfokperiode leidde tot een hogere voeropname, een lagere gemiddeld gewicht, een verlengde eettijd en een verlaagde eetsnelheid. Er was echter geen effect van voerbehandeling op het gewicht aan het einde van de opfokperiode, de voederconversie en de energieconversie.

4.4 Ontwikkeling van het maag-darmkanaal tijdens de opfokperiode

De inhoud van de spiermaag en het relatieve gewicht van de lege spiermaag verschilden aanzienlijk tussen de voerbehandelingen. Er was rechtlijnig verband tussen het verdunningsniveau van het voer en de inhoud en het relatieve gewicht van de lege spiermaag. De spiermaag inhoud nam toe met 14,3%, 40,8% en 87,90%, terwijl het relatieve gewicht van de lege maag 4,0%, 10,3% en 62,7% hoger was bij jonge hennen die gevoerd werden met respectievelijk R_7,5%, R_15% en R_15%_HD voeders, in vergelijking met de hennen die het R_0% voer kregen. Daarnaast nam de lengte van de spiermaag evenredig toe met de stijging van het verdunningsniveau van het voer. De verschillen in de lege spiermaag gewicht tussen de behandelingen lijken verband te houden met verschillen in de opname van niet-water oplosbare vezels. De relatie tussen onoplosbare vezelopname en het relatieve gewicht van de lege spiermaag kan beschreven worden door derde machts polynoom ($R^2 = 0,94$; figuur 8)



Figuur 8 Relatie tussen de opname van niet-water oplosbare vezels (g/d) en het lege spiermaag gewicht (g/kg kuiken) van 17-weken oude opfokhennen

Ook Hetland et al. (2003) vonden 70% zwaardere spiermaaggewichten en bijna een verdrievoudiging van de inhoud van de spiernag bij leghennen die zaagsel over het voer gestrooid kregen. Deze resultaten geven aan dat voerverdunning resulteerde in een vergroting van het darmvolume. Het relatieve gewicht van de lege krop, de inhoud ervan en de lengte namen toe met toename van het verdunningsniveau van het voer. Vergelijkbare resultaten werden gerapporteerd door Hetland en Svihus (2001). Ze vonden een hoger relatief gewicht van zowel de darm als de darminhoud bij leghennen die voer kregen dat verdund was met haverdoppen. Ook werd in deze studie een daling van de kliermaaginhoud en van het relatieve gewicht van de lege kliermaag waargenomen bij de kuikens die het R_15%_HD voer kregen. Deze resultaten komen overeen met onze eerdere bevindingen (Van Krimpen et al., 2009). Mogelijk wordt de kliermaaginhoud beïnvloed door een terugkoppelingsmechanisme vanuit bepaalde receptoren in de duodenum (Bach Knudsen, 2001). Het relatieve gewicht van de lege dunne darm en de inhoud ervan waren lager bij hennen die het verdunde voer kregen ten opzichte van hennen met het standaard voer. De voedingsstoffen uit het vezelrijke voer, dat al een langere verblijfstijd heeft gehad in de krop en spiermaag en daar een langere inwerkperiode heeft doorgemaakt, kunnen in de dunne darm relatief snel worden vrijgemaakt en geabsorbeerd. Dit zou het relatief lage gewicht van de dunne darm bij het vezelrijke voer kunnen verklaren.

Concluderend kan gesteld worden dat het verstrekken van verdund vezelrijk voer resulteert in een verhoogd darmvolume, een zwaardere lege krop, spiermaag en de inhoud daarvan. De relatieve gewichten van de kliermaag, de dunne darm en de inhoud ervan nemen echter af. Ophoping van onoplosbare vezels in het spijsverteringskanaal resulteert in een tijdelijk verzadigingsniveau, wat kan bijdragen aan vermindering van het verenpikgedrag.

4.5 Vochtgehalte strooisel opfokperiode

Uit de resultaten bleek dat het strooisel van de R_15% en R_15%_HD gevoerde hennen beduidend droger was ten opzichte van het strooisel van kuikens die andere voeders kregen. Het is in overeenstemming met onze verwachting en kan verklaard worden door de hogere niveaus van onoplosbare vezels en lagere niveaus van oplosbare NSP in het voer. Volgens Hetland en Svihus (2001) geven verhoogde niveaus van oplosbare vezels in het voer nattere hokken, vanwege hun waterhoudend vermogen. Ook zorgen deze typen vezels voor een hogere viscositeit in de dunne darm, wat de spijsvertering en absorptie remt (Smits en Anniston, 1996).

4.6 Dierprestaties tijdens de legperiode

Het verstrekken van verdunde voeders was van invloed op de dierprestaties tijdens de legperiode. Hennen die 0% verdund legvoer kregen realiseerden een hogere energieopname in vergelijking met de hennen die 15% verdund legvoer kregen, terwijl de energieopname van hennen die het 7,5%

verdunde voer kregen hier tussenin lag. Het gemiddelde gewicht van de hen nam geleidelijk af, naarmate het verdunningsniveau van het voer toenam. Eerder onderzoek door Hetland et al. (2001) toonde aan dat hennen die vezelrijk voer kregen o.a. een betere zetmeelverteerbaarheid hadden als gevolg van de verhoogde activiteit van de spiernaag. In lijn met deze bevindingen verbeterde in het huidige experiment de energieconversie bij de hennen die verdund voer kregen evenredig met toenemende verdunningsniveaus van het voer.

4.7 Verenpikgedrag tijdens de legperiode

In dit experiment was het niveau van verenkleedschade tijdens de legperiode laag, terwijl er geen aantoonbare verschillen waren tussen de behandelingen met betrekking tot het pikgedrag en niveau van verenkleedschade. Op 40 weken leeftijd varieerde het niveau van verenschade tussen 0,5 en 0,6 op een schaal van 0 (volledig intact verenkleed) tot 5 (volledig kaal). In een eerder experiment, uitgevoerd in dezelfde accommodatie onder dezelfde condities (Van Krimpen et al., 2010), varieerden de scores voor verenkleedschade op 40 weken leeftijd tussen de 2,8 en 3,2. In beide experimenten was het strooisel in de hokken op 5 weken leeftijd verwijderd om daarmee het verenpikgedrag te induceren. Desondanks reageerden de dieren verschillend op deze stressfactor. Een belangrijk verschil tussen beide experimenten betrof het ras van de hennen. In het eerdere experiment waren Silver Nicks gebruikt, terwijl in het huidige experiment Lohmann Brown Lite hennen werden ingezet. Uit de literatuur kan opgemaakt worden dat er duidelijke rasverschillen zijn ten aanzien van de gevoeligheid voor het ontwikkelen van verenpikken (Sørensen and Christensen, 1997; Craig and Muir, 1998). Mogelijk kunnen de verschillen tussen beide experimenten met betrekking tot het niveau van verenkleedschade dus verklaard worden vanuit het gebruik van verschillende soorten hennen. Toch werd het gedrag van de hennen wezenlijk beïnvloed door het verdunnen van het voer. Zo was er een evenredige toename van de eettijd bij toenemende verdunningsniveaus van het voer. De eettijd bedroeg gemiddeld 232, 303 en 335 min/d voor de 0%, 7,5% en 15% verdunningsniveaus. Uit eerder onderzoek is gebleken dat veranderingen in de tijdsbudgetten van leghennen aanzienlijk kunnen bijdragen aan vermindering van de verenkleedschade bij leghennen die gestimuleerd werden tot verenpikken (Van Krimpen et al., 2010a). Daarom kan geconcludeerd worden dat het verstrekken van verdunde voeders, waaraan gangbare energiearme en vezelrijke grondstoffen zijn toegevoegd, een bijdrage kan leveren aan het voorkomen van verenpikgedrag tijdens de legperiode.

5 Conclusies

- Opfokhennen die 7,5% of 15% verdund vezelrijk voer kregen, waren niet in staat om volledig te compenseren voor deze verdunning door meer voer op te nemen, waardoor de energieopname per saldo lager was. Aan het einde van de opfokperiode was er geen verschil in hen gewicht, wat aangeeft dat de energieconversie van het verdunde voer (numeriek) beter was dan van het onverdunde voer.
- Het verstrekken van verdund voer resulteerde in een evenredige verlenging van de eettijd, terwijl de hennen minder tijd aan rusten besteedden. Hennen die verdund voer kregen hadden aan het einde van de opfokperiode aantoonbaar minder schade aan het verenkleed.
- Het verstrekken van 15% verdund opfokvoer verhoogde het relatieve gewicht van de lege krop en spiermaag en de inhoud van deze segmenten, terwijl het relatieve gewicht van de kliermaaginhoud verlaagd was.
- Het vochtgehalte van de excreta tijdens de opfokperiode verschilde niet tussen de behandelingen R_0%, R_7.5% en R_15% (gemiddeld 67%), terwijl het vochtgehalte van de excreta van de hennen die R_15%_haverdoppen kregen duidelijk lager was (59%).
- De energieopname tijdens de legperiode was omgekeerd evenredig met het verdunningsniveau van het voer (respectievelijk 4% en 8% lager bij het 7,5% en 15% verdunde voer ten opzichte van het onverdunde voer).
- Het verstrekken van verdunde voeders tijdens de legperiode had een negatief effect op het gewicht van de hennen (respectievelijk 2% en 3% lager bij het 7,5% en 15% verdunde voer ten opzichte van het onverdunde voer).
- De hoeveelheid eimassa was bij één behandeling (15% verdund opfokvoer, gevolgd door onverdund legvoer) hoger ten opzichte van alle andere behandelingen (55,9 vs. 53,6 g/d).
- De energieconversie tijdens de legperiode verbeterde, naarmate het verdunningsniveau van het voer toenam (respectievelijk 2% en 4% lager bij het 7,5% en 15% verdunde voer ten opzichte van het onverdunde voer).
- Tijdens de legperiode was er een relatief laag niveau van verenpikgedrag en verenschade. Ook was er geen effect van voerbehandeling op deze kenmerken. Wel was er een duidelijk effect van voerbehandeling op het gedragspatroon van de leghennen. Het verstrekken van verdund voer resulteerde in een verlengde eettijd en een verminderde rusttijd.
- De voerbehandelingen hadden geen effect op de pH-waarden per segment van het maag-darmkanaal, het aantal *Clostridium enteritis* bacteriën en op de mate van ontstekingsreacties in het maag-darmkanaal. In geen enkele hen werd chronische darmontsteking aangetoond, zodat er geen conclusies verbonden kunnen worden aan het effect van vezelrijk verdund voer op het optreden van chronische darmontsteking.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan vastgesteld worden dat het verstrekken van verdund opfok- en legvoer, door het toepassen van gangbare verdunningsbronnen, resulteert in een toename van het voergerichte gedrag van zowel opfok- als leghennen. Deze veranderingen in gedragspatroon zijn perspectiefvol vanwege hun bijdrage aan het verminderen van verenpikgedrag en verenschade van opfok- en leghennen. Het verstrekken van verdunde voeders resulteerde in lagere hen gewichten en lagere eimassa, maar zorgde ook voor verbetering van de energiebenutting. Vanuit welzijnsoogpunt wordt in zowel het opfok- als het legvoer een verdunningsniveau van minimaal 7,5% aanbevolen.

Literatuur

- Aerni, V., El Lethey, H., Wechsler, B., 2000. Effect of foraging material and food form on feather pecking in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 41, 16-21.
- Appleby, M.C., 2003. The European Union ban on conventional cages for laying hens: history and prospects. *Journal of applied animal welfare science* 6, 103-121.
- Bach Knudsen, K.E., 2001. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. *Animal Feed Science and Technology* 90, 3-20.
- Bilcik, B., Keeling, L.J., 1999. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 40, 444-451.
- Blokhuis, H.J., 1989. The effect of a sudden change in floor type on pecking behaviour in chicks. *Applied Animal Behaviour Science* 22, 65-73.
- Braastad, B.O., 1990. Effects on behaviour and plumage of a key-stimuli floor and a perch in triple cages for laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 27, 127-139.
- Brunt, K., 1993. Enzymatic determination of starch content in feed and feedstuffs, Memo 93-302 (in Dutch). Stichting Nederlands Instituut voor Koolhydraat Onderzoek, Groningen. The Netherlands.
- Craig, J., Muir, W., 1998. Genetic influences on the behavior of chickens associated with welfare and productivity, in: Grandin, T. (Ed.), *Genetics and the behavior of domestic animals*, Academic Press, pp. 265-299.
- Dawkins, M.S., 1989. Time Budgets in Red Junglefowl as a Baseline for the Assessment of Welfare in Domestic-Fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 24, 77-80.
- De Bruin, M.W., 2009. Effect of diluted rearing diet and environmental stimuli on feather pecking behaviour in layer pullets, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, pp. 1-36.
- El-Lethey, H., Aerni, V., Jungi, T.W., Wechsler, B., 2000. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *Br. Poult. Sci.* 41, 22-28.
- Elwinger, K., 1981. Different energy levels and restricted feeding to three strains of SCWL hybrids. 1. Effects on egg production. *Swedish J. Agric. Res.* 11, 149-157.
- Genstat 8 Committee, 2002. *Genstat 8 Reference Manual*; Release 3. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Goelema, J.O., Smits, A., Vaessen, L.M., Wemmers, A., 1999. Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Animal Feed Science and Technology* 78, 109-126.
- Harlander-Matauschek, A., Piepho, H.P., Bessei, W., 2006. The effect of feather eating on feed passage in laying hens. *Poultry Science* 85, 21-25.
- Hartini, S., Choct, M., Hinch, G., Kocher, A., Nolan, J.V., 2002. Effects of light intensity during rearing and beak trimming and dietary fiber sources on mortality, egg production, and performance of ISA brown laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 11, 104-110.
- Hartini, S., Choct, M., Hinch, G., Nolan, J.V., 2003. Effect of diet composition, gut microbial status and fibre forms on cannibalism in layers, Australian Egg Corporation Limited, Hurstville, pp. 1-111.
- Hetland, H., Choct, M., Svihus, B., 2004a. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal* 60, 415-422.
- Hetland, H., Moe, R.O., Tauson, R., Lervik, S., Svihus, B., 2004b. Effect of including whole oats into pellets on performance and plumage condition in laying hens housed in conventional and furnished cages. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science* 54, 206-212.
- Hetland, H., Svihus, B., 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 42, 354-361.
- Hetland, H., Svihus, B., Krogdahl, A., 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science* 44, 275-282.
- Huber Eicher, B., Sebo, F., 2001a. The prevalence of feather pecking and development in commercial flocks of laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 74, 223-231.
- Huber Eicher, B., Sebo, F., 2001b. Reducing feather pecking when raising laying hen chicks in aviary systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 59-68.
- Huber Eicher, B., Wechsler, B., 1997. Feather pecking in domestic chicks: its relation to dustbathing and foraging. *Animal Behaviour* 54, 757-768.
- International Organization for Standardization, 1997. *Animal feeding stuffs. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Kjeldahl method. ISO 5983*. Int. Organ. Standardization, Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization, 1998a. *Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. ISO 6496*. Int. Organ. Standardization, Geneva, Switzerland.

- International Organization for Standardization, 1998b. Water quality. Determination of 33 elements by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. ISO 11885. Int. Organ. Standardization, Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization, 1999. Animal feeding stuffs. Determination of fat content. ISO 6492. Int. Organ. Standardization, Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization, 2002. Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. ISO 5984. Int. Organ. Standardization, Geneva, Switzerland.
- Johnsen, P.F., Vestergaard, K.S., 1996. Dustbathing and pecking behaviour in chicks from a high and a low feather pecking line of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 49, 237-246.
- Johnsen, P.F., Vestergaard, K.S., Norgaard Nielsen, G., 1998. Influence of early rearing conditions on the development of feather pecking and cannibalism in domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 60, 25-41.
- McAdie, T.M., Keeling, L.J., 2000. Effect of manipulating feathers of laying hens on the incidence of feather pecking and cannibalism. *Applied Animal Behaviour Science* 68, 215-229.
- McKeegan, D.E.F., Savory, C.J., MacLeod, M.G., Mitchell, M.A., 2001. Development of pecking damage in layer pullets in relation to dietary protein source. *British Poultry Science* 42, 33-42.
- Moore, S.J., 1999. Food breakdown in an avian herbivore: who needs teeth? *Australian Journal of Zoology* 47, 625-632.
- Newcombe, M., Summers, J.D., 1985. Effect of increasing cellulose in diets fed as crumbles or mash on the food-intake and weight gains of broilers and leghorn chicks. *British Poultry Science* 26, 35-42.
- Nicol, C.J., Lindberg, A.C., Phillips, A.J., Pope, S.J., Wilkins, L.J., Green, L.E., 2001. Influence of prior exposure to wood shavings on feather pecking, dustbathing and foraging in adult laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 73, 141-155.
- Noldus, 1993. The Observer®: Base package for Dos. Reference Manual, version 3.0, Noldus Information Technology, Wageningen, The Netherlands.
- Rogel, A.M., Balnave, D., Bryden, W.L., Annison, E.F., 1987. Improvement of raw potato starch digestion in chickens by feeding oat hulls and other fibrous feedstuffs. *Australian Journal of Agricultural Research* 38, 629-637.
- Savory, C.J., 1980. Meal occurrence in Japanese quail in relation to particle size and nutrient density. *Animal Behaviour* 28, 160-171.
- Savory, C.J., 1995. Feather pecking and cannibalism. *World's Poultry Science Journal* 51, 215-219.
- Savory, C.J., Gentle, M.J., 1976. Effects of Dietary Dilution with Fiber on Food-Intake and Gut Dimensions of Japanese Quail. *British Poultry Science* 17, 561-570.
- Scientific Veterinary Committee, 1996. Report on the welfare of laying hens. Brussels, Belgium: Commission of the European Communities Directorate-General for Agriculture VI/B/II.2.
- Sedlackova, M., Bilcik, B., Kostal, L., 2004. Feather pecking in laying hens: environmental and endogenous factors. *Acta Veterinaria Brno*. 2004; 73, 521-531.
- Smits, C.H.M., Annison, G., 1996. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - Towards a physiologically valid approach to their determination. *Worlds Poultry Science Journal* 52, 203-221.
- Sørensen, P., Christensen, L.G., 1997. Laying hens may have lost important genes. *Animal Genetic Resources Information*, 81.
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Beldman, G., van Delen, J., Dijkstra, J., Gerrits, W.J.J., 2006. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *Journal of Dairy Science* 89, 4365-4375.
- Van der Lee, A.G., Hemke, G., Kwakkel, R.P., 2001. Low density diets improve plumage condition in non-debeaked layers. In: *Proc.13th Eur. Symp. poult. nutr.*, Blankenbergen, Blankenbergen, pp. 244-245.
- Van der Meulen, J., Kwakernaak, C., Kan, C.A., 2008. Sand intake by laying hens and its effect on egg production parameters. *J. Anim. Phys. Nutr.* 92, 426-431.
- Van Hierden, Y.M., Korte, S.M., Ruesink, E.W., Reenen, C.G.v., Engel, B., Koolhaas, J.M., Blokhuis, H.J., 2002. The development of feather pecking behaviour and targeting of pecking in chicks from a high and low feather pecking line of laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 77, 183-196.
- Van Krimpen, M.M., 2008. Impact of nutritional factors on eating behaviour and feather damage of laying hens, Thesis Department Animal Nutrition, Wageningen University, Wageningen, pp. 1-227.
- Van Krimpen, M.M., De Bruin, W.W., De Veer, R., Binnendijk, G.P., 2010a. Effect of diluted NSP-high diets under feather pecking prone conditions on the development of feather damage and performance of rearing and laying hens, Report 420 Wageningen UR Livestock Research Lelystad The Netherlands, pp. 1-46.

- Van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., André, G., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Den Hartog, L.A., Verstegen, M.W.A., 2007. Effect of nutrient dilution on feed intake, eating time and performance of hens in early lay. *Br. Poult. Sci.* 48, 389-398.
- Van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Peet-Schwering, C.M.C.v.d., Hartog, L.A.d., Verstegen, M.W.A., 2008. Low Dietary Energy Concentration, High Nonstarch Polysaccharide Concentration and Coarse Particle Sizes of Nonstarch Polysaccharides Affect the Behavior of Feather-Pecking-Prone Laying Hens. *Poultry Science* 87, 485-496.
- Van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Reuvekamp, B.F.J., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Den Hartog, L.A., Verstegen, M.W.A., 2005. Impact of feeding management on feather pecking in laying hens. *World's Poultry Science Journal* 61, 665-687.
- Van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Den Hartog, L.A., Verstegen, M.W.A., 2009. Effects of nutrient dilution and nonstarch polysaccharide concentration in rearing and laying diets on eating behavior and feather damage of rearing and laying hens. *Poultry Science* 88, 759-773.
- Van Krimpen, M.M., Veldkamp, T., Binnendijk, G.P., de Veer, R., 2010b. Development of performance, behavior and gut health in laying hens in relation to dietary protein source, In: Wageningen UR Livestock Research (Ed.), Report 341, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, pp. 1-36.
- Van Soest, P.J., McQueen, R.W., 1973. The chemistry and estimation of fiber. *Proceedings of the Nutrition Society* 32, 123-130.
- Vestergaard, K.S., 1994. Dustbathing and its relation to feather pecking in the fowl: motivational and developmental aspects, Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen., Denmark, p. 150.
- Vestergaard, K.S., Lisborg, L., 1993. A model of feather pecking development which relates to dustbathing in the fowl. *Behaviour* 126, 291-308.

6 Bijlagen

Bijlage 1 Entschema tijdens de opfokperiode

Datum	Vaccinatie	Wijze
13-Jan-2010	Marek	Intramusculair
13-Jan-2010	IB MA5	Spray
20-Jan-2010	NCD 1e	Spray
27-Jan-2010	IB 4/91	Spray
8-Feb-2010	Gumboro	Drinkwater
11-Feb-2010	NCD 2e	Atomist
11-Mar-2010	IB primer	Spray
25- Mar-2010	NCD 3e	Atomist
8-Apr-2010	PD ww	Vleugel
8-Apr-2010	ILT	Spray/Drinkwater
8-Apr-2010	NCD	Injectie
3-May-2010	IBH52	Spray



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl